

## GENIU RURAL

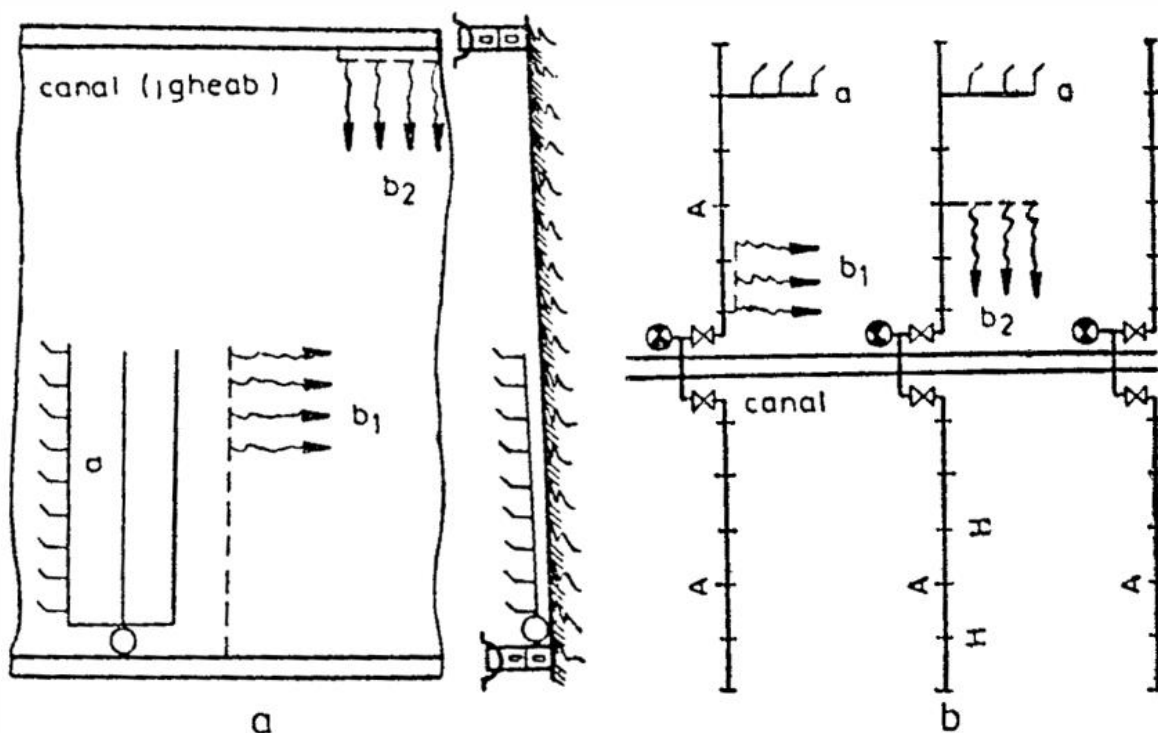
# AMENAJĂRI TERITORIALE HIDRAULICO-AGRARE

pentru Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor  
cu Baza tehnico-științifică „Hidraulica și scheme hidrotehnice”

Probleme și concepții asupra amenajărilor hidrotehnice complexe,  
cu exemplificări din:

- Bulgaria, fosta URSS, Franța, China;
  - Zona Dunăre – Tisa – Dunăre (D-T-D) – Iugoslavia
  - Podișul Moldovei (Schema hidrotehnică Iași) și
- Raționalizări în irigații și drenaje, în cadrul amenajărilor hidrotehnice complexe

8



Amenajare bivalentă pentru irigații: a) cu canale; b) cu antene monofilare

**VALERIU BLIDARU**

---

**GENIU RURAL**

**AMENAJĂRI TERITORIALE  
HIDRAULICO-AGRARE**

**pentru  
Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor  
cu  
Baza tehnico-științifică  
„Hidraulica și scheme hidrotehnice”**

**Volumul 8**

**Probleme și concepții asupra amenajărilor  
hidrotehnice complexe, cu exemplificări din:**

- Bulgaria, fosta URSS, Franța, China;**
  - Zona Dunăre – Tisa – Dunăre (D-T-D) – Iugoslavia**
  - Podișul Moldovei (Schema hidrotehnică Iași)**
- și**
- Raționalizări în irigații și drenaje, în cadrul  
amenajărilor hidrotehnice complexe**





**Prof. Univ. Dr. Doc. Ing. VALERIU BLIDARU**

Inginer Geniu Rural  
Doctor Docent în Științe  
*LAUREAT AL ACADEMIEI ROMÂNE*  
*Distins cu GRAND PRIZE, EUROINVENT*

# **GENIU RURAL**

## **AMENAJĂRI TERITORIALE HIDRAULICO-AGRARE pentru Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor cu**

**Baza tehnico-științifică „Hidraulica și scheme hidrotehnice”**

---

**Volumul 8**

***Probleme și concepții asupra amenajărilor hidrotehnice  
complexe, cu exemplificări din:***

***– Bulgaria, fosta URSS, Franța, China;  
– Zona Dunăre – Tisa – Dunăre (D-T-D) – Iugoslavia  
– Podișul Moldovei (Schema hidrotehnică Iași) și  
Raționalizări în irigații și drenaje, în cadrul amenajărilor  
hidrotehnice complexe***

---

**Presa Universitară Clujeană**

**2022**

***Referenți științifici:***

**Prof. univ. emerit dr. ing. Florian Stătescu**

**Conf. univ. dr. ing. Nicolae Marcoie**

**ISBN general: 978-606-37-1526-6**

**ISBN specific: 978-606-37-1535-8**

© 2022 Coordonatorul volumului. Toate drepturile rezervate.  
Reproducerea integrală sau parțială a textului, prin orice mijloace,  
fără acordul coordonatorului, este interzisă și se pedepsește  
conform legii.

**Redactor: dr. ing. Beno Haimovici**

**Tehnoredactor: ing. Cezar Baci**

**Universitatea Babeș-Bolyai**

**Presa Universitară Clujeană**

**Director: Codruța Săcelean**

**Str. Hasdeu nr. 51**

**400371 Cluj-Napoca, România**

**Tel./Fax: (+40)-264-597.401**

**E-mail: editura@ubbcluj.ro**

**<http://www.editura.ubbcluj.ro/>**

# CUPRINS

## PARTEA I. *Scheme hidrotehnice complexe*

### INTRODUCERE. PROBLEME ȘI CONCEPȚII ASUPRA AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE

1.1. PROBLEME CU CARE ESTE CONFRUNTATĂ OMENIREA ȘI ÎN CARE AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE AU UN ROL IMPORTANT.....	23
1.2. PROBLEMELE DEMOGRAFICE ALE GLOBULUI, CU ESTIMAREA CERINȚELOR DE ALIMENTE ȘI APĂ, LA NIVELUL ANULUI 2000.....	24
1.3. EVALUAREA RESURSELOR HIDRAULICE MONDIALE. ÎNCADRAREA UNOR SISTEME CU MARI CONSUMURI DE APĂ (EX. IRIGAȚIILE) ÎN SISTEMELE DE GESTIUNE A RESURSELOR HIDRAULICE.....	26
1.4. CONCEPȚII ASUPRA AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE.....	29
1.5. CONCEPȚIA ȘI EVOLUȚIA AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN ȚARA NOASTRĂ.....	31

### SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN BULGARIA

2.1. ASPECTE CARACTERISTICE ALE TERITORIULUI BULGARIEI VALORIFICATE ÎN SCHEMELE HIDROTEHNICE COMPLEXE.....	34
2.1.1. Relieful Bulgariei.....	34
2.1.2. Sursele de apă ale Bulgariei.....	34
2.1.3. Situația generală a valorificării apelor în Bulgaria.....	35
2.1.3.1. Acumulări cu folosințe multiple și unilaterale.....	35
2.1.3.2. Irigații – drenaje – regularizări.....	36
2.2. EXEMPLE SPECIFICE DE SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN BULGARIA.....	37
2.2.1. Schema Complexului Hidrotehnic Plovdiv – Pazardjik.....	37
2.2.1.1. Sistemul Topolnița.....	38
2.2.1.2. Sistemul Belmeken – Sestrimo.....	41
2.2.1.3. Sistemele Aleko – Potoka și Peshtera – Batak.....	43
2.2.1.4. Sistemul Krichim – Tchechniguirov.....	44
2.2.2. Schema Complexului Hidrotehnic Tundja.....	46
2.2.2.1. Sistemul Sredna Tundja.....	46
2.2.2.2. Sistemul Stara Zagora – Kazanlâk.....	49

### SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN FOSTA U.R.S.S.

3.1. ASPECTE CARACTERISTICE ALE TERITORIULUI FOSTEI U.R.S.S., VALORIFICATE ÎN SCHEMELE HIDROTEHNICE COMPLEXE.....	52
3.1.1. Resursele hidraulice, relieful și fondul funciar; valorificarea acestora.....	52
3.1.2. Utilizarea integrală și protecția resurselor de apă.....	53
3.1.2.1. Utilizarea resurselor de apă pentru amenajarea terenurilor, în principal pentru irigații.....	55
3.1.2.2. Utilizarea hidroenergetică a resurselor de apă.....	56
3.1.2.3. Utilizarea resurselor de apă pentru transport.....	57
3.1.2.4. Utilizarea resurselor de apă pentru economia piscicolă.....	58
3.1.2.5. Utilizarea apei pentru satisfacerea cerințelor comunale, menajere, agricole și industriale.....	58
3.1.2.6. Acțiuni – măsuri contra efectelor nefavorabile ale apei.....	58
3.2. EXEMPLE DE SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN ZONA ASIEI CENTRALE A FOSTEI U.R.S.S., ÎNTRE AMU-DARIA – ZERAVȘAN – SÂR-DARIA.....	60
3.2.1. Scheme hidrotehnice în R. Tadjică (Tadjikistan).....	61
3.2.1.1. Bazinul hidrografic al râului Vahș.....	61
3.2.1.2. Bazinul hidrografic al râului Kafirnigan.....	65
3.2.2. Scheme hidrotehnice complexe în R. Uzbekă (Uzbekistan).....	66
3.2.2.1. Amenajări complexe din Stepa Golodnaia – b.h. Sâr-Daria.....	68
3.2.2.2. Amenajări hidrotehnice complexe pe râul Circik – b.h. Sâr-Daria.....	71
3.2.2.3. Amenajări hidrotehnice complexe pe râul Zerașan – b.h. Amu-Daria.....	71

## SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN FRANȚA

4.1. ASPECTE CARACTERISTICE ALE TERITORIULUI FRANȚEI, VALORIFICATE ÎN SCHEMELE HIDROTEHNICE COMPLEXE .....	74
4.1.1. Relief și unități morfologice .....	74
4.1.2. Hidrologia, hidrografia .....	75
4.1.3. Clima .....	76
4.2. APELE ȘI AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE .....	76
4.2.1. Gospodărirea apelor.....	76
4.2.2. Amenajările hidrotehnice.....	77
4.2.2.1. Amenajările locale hidraulico-agrar.....	79
4.2.2.2. Amenajarea complexă pe bazin hidrografic – a b.h. Durance – cu scop prioritar hidroenergetic .....	85
4.2.2.3. Amenajarea hidrotehnică-teritorială complexă a Canalului Provençe și a regiunii Provençe .....	91
4.2.2.4. Amenajarea complexă a Rhônului. Amenajarea hidrotehnică a fluviului Rhône, în scop energetic, de navigație și hidraulico-agrar.....	101
4.3. SOLUȚII TEHNOLOGICE PENTRU REALIZAREA UNOR OBIECTIVE HIDROTEHNICE CU UN GRAD RIDICAT DE DIFICULTATE .....	116
4.3.1. Etanșarea barajului Notre-Dame de Commiers .....	116
4.3.2. Protecția fundației construcțiilor centralizate din amenajarea hidroelectrică Pierre-Bénite, Ron (bieful I aval Lyon).....	118
4.3.3. Bararea (oprirea) apelor sărate ale mării de a pătrunde amonte pe cursul de apă. Barajul-ecluză Arzol de pe micul fluviu Vilaine.....	119
4.3.4. Soluția prizei de apă în curent liber de pe fluviul Ron în perimetrul biefului Vallabréque-d'Arles.....	122

## AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN CHINA

5.1. ASPECTE GENERALE ALE CADRULUI NATURAL ȘI ECONOMIC .....	123
5.2. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN CHINA .....	124
5.2.1. Amenajările hidroenergetice Gezhouba și din defileurile fluviului Yangzi .....	127
5.2.2. Amenajarea hidraulico-agrară Tachai.....	127
5.2.3. Sistemul de irigații și hidroenergetic „Steagul Roșu” – Lin Xian.....	128
5.2.4. Câteva lucrări hidrotehnice reprezentative în județul Hui – provincia Henan .....	135
5.2.5. Complexul hidrotehnic teritorial-județean Taoyuan .....	137
5.2.6. Complexul hidrotehnic Shaoshan.....	139

## SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE REPREZENTATIVE DIN ALTE ȚĂRI. PROIECTE – REALIZĂRI

6.1. PROIECTUL DUNĂRE– TISA – DUNĂRE (D-T-D), IUGOSLAVIA .....	142
6.2. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN BAZINUL HIDROGRAFIC SENEGAL (REPUBLICILE SENEGAL ȘI MAURITANIA).....	144
6.2.1. Condițiile natural-economice.....	144
6.2.2. Concepții și soluții aplicate în delta și pe cursul inferior al fluviului Senegal.....	145

## SCHEMA HIDROTEHNICĂ COMPLEXĂ IAȘI

7.1. DATE DE BAZĂ. POTENȚIAL IRIGABIL ȘI CERINȚE DE APĂ PENTRU IRIGAȚII, ALIMENTĂRI CU APĂ Ș.A. ....	148
7.2. MĂSURI ȘI SOLUȚII VECHI DE CREȘTERE A VOLUMELOR DE APĂ ÎN B.H. BAHULUI .....	149
7.3. SCHEMA HIDROTEHNICĂ COMPLEXĂ IAȘI, CU ROL PRIORITAR – IRIGAȚII, ALIMENTĂRI CU APE ȘI COMPLEMENTAR – ENERGIE.....	150
7.3.1. Acumularea Cotu Domniței – Pașcani.....	150
7.3.2. Derivația Siret – Bahlui .....	152

7.3.3. Amenajări interioare.....	155
7.3.3.1. Canalele magistrale și de distribuție .....	155
7.3.3.2. Alimentarea cu apă a centrelor populate rurale și a sectoarelor zootehnice.....	155
7.3.3.3. Amenajările hidroalco-agrale; irigații, combaterea eroziunii solului, drenaje.....	157
7.3.3.4. Piscicultura .....	159
7.3.3.5. Hidroenergia .....	159

## PARTEA a II-a. **Raționalizări în irigații și drenaje, în cadrul amenajărilor hidrotehnice complexe**

### RAȚIONALIZĂRI ÎN TEHNICILE DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE

1.1. RAȚIONALIZĂRI ÎN TEHNICA IRIGAȚIEI PRIN SCURGERE LA SUPRAFAȚĂ, PE BRAZDE.....	164
1.1.1. Soluții pentru îmbunătățirea calității udării prin brazde.....	164
1° Necesitatea aplicării udării pe brazde cu debit variabil. Condiții .....	164
2° Lungimea brazdei și calitatea udării.....	167
3° Randamentul în câmp, la udarea prin brazde .....	168
1.1.2. Stabilirea lungimii optime a brazdelor pe baza unor criterii economice.....	169
1° Cheltuieli legate de procurarea și întreținerea echipamentului mobil de udare. Criterii de alegere a conductelor pentru distribuția apei la brazde .....	169
2° Cheltuieli legate de mutarea și supravegherea echipamentului mobil de udare .....	171
3° Cheltuieli de amenajare a terenului .....	172
4° Costul energiei pentru aducerea apei .....	172
5° Randamentul udării .....	172
1.1.3. Dispozitive și echipamente pentru distribuție, control, protecție și automatizare a scurgerii apei, la brazde .....	173
1.2. RAȚIONALIZĂRI ÎN TEHNICA IRIGAȚIEI PRIN ASPERSIUNE.....	175
1.2.1. Rețelele de distribuție, în condițiile unor folosințe „dispersate și ale unui relief neregulat. Calculul rețelor; linii directe .....	176
1° Trasee economice.....	176
2° Calculul rețelor de distribuție (RD) în tehnica irigației cu funcționare „la cerere”. Aprecieri asupra metodelor de calcul. Evoluția concepțiilor și procedurilor.....	182
1.2.2. Dispozitive și echipamente de prelevarea apei din rețeaua de distribuție, de control și protecție .....	183
1° Dispozitive pentru prelevarea apei din rețeaua de distribuție – hidranți și borne de irigație .....	183
2° Echipamente de control și de protecție pe conducte.....	185
3° Echipament de protecție a rețelei contra presiunilor excesive, depresiunilor și pungilor de aer .....	186
1.2.3. Instalații de aspersiune cu parametri ridicați și independență în exploatare .....	188
1.3. AMENDĂRI ÎN TEHNICA IRIGAȚIEI LOCALIZATE .....	194
1.3.1. Tehnica irigației cu rampe perforate fixe.....	194
1° Principiu de funcționare și elemente componente.....	194
2° Condiții de proiectare.....	195
3° Probleme de exploatare în regim automatizat .....	195
1.3.2. Tehnica irigației prin picurare .....	197
1.3.2.1. Principiul metodei și elementele componente.....	197
1.3.2.2. Elemente de dimensionare a rețelei de irigare prin picurare .....	203
1.4. IRIGAȚIA BIVALENTĂ, RAȚIONALIZARE ÎN TEHNICA IRIGAȚIILOR .....	206
1.4.1. Tehnica irigației bivalente: probleme, cerințe.....	206
1.4.2. Soluții pentru realizarea irigației bivalente .....	207
1.4.2.1. Scheme de realizare a amenajărilor bivalente .....	207
1.4.2.2. Exemple de rețele bivalente .....	210
1.4.3. Irigare bivalentă din rețea unică de conducte în două trepte de presiune, funcționând prin decalarea diurnă a udărilor, pe metode.....	214
1.4.3.1. Rolul decalării diurne a udărilor pe metode și avantajele acestora.....	214
1.4.3.2. Gradul optim de bivalență.....	215
1.4.3.3. Condițiile de dimensionare a amenajărilor de irigații bivalente.....	216

1.4.4. Proiectarea asistată de calculator (pac), în amenajarea de irigație cu rețele de conducte.....	220
1° Cerințe (matematice și tehnologice).....	220
2° Produsul PAC-CONDUCTE – în S.I.P.A.C.I.F. (fig. 1.77 a, b, c).....	221
1.5. TEHNICI ȘI TEHNOLOGII MODERNE DE DRENAJ .....	222
1.5.1. Perfecționări în tehnica proiectării drenajului.....	223
1.5.1.1. Concepția proiectului de drenaj .....	223
1.5.1.2. Schema logică (organigrama) a drenajului pe GEOSYSTEME (după Daniel de Boni – CNETGEF).....	223
1.5.1.3. Date informative despre sistemul GEOSYSTEME.....	227
1.5.2. Materiale și tehnologii de drenaj cu parametri ridicați.....	228
1.5.2.1. Drenuri și filtre din materiale plastice și tehnici de amenajare pentru: drenaj, drenaj-irigare, epandaj.....	228
1.5.3. Problema reducerii volumelor de terasamente și balast la drenaj .....	232
1.5.4. Măsurile speciale de protecție a canalelor colectoare mari de drenaj, cu ajutorul materialelor filtrante sintetice .....	233

## RAȚIONALIZĂRI PE LINIE ENERGETICĂ ÎN IRIGAȚII ȘI DRENAJE. EXEMPLE

2.1. PROBLEME DE ANSAMBLU CU PRIVIRE LA CONSUMUL DE ENERGIE ÎN IRIGAȚII ȘI DRENAJE.....	235
2.2. MĂSURI PENTRU REDUCEREA CONSUMULUI DE ENERGIE DE EXPLOATARE, CU EXEMPLE.....	236
2.2.1. Soluții de amplasare a centrelor de priză .....	236
2.2.2. Soluții de ridicare a apei pe zone, cu canale și bazine intermediare. Exemple.....	238
2.2.2.1. Soluții de ridicare a apei pe zone și cu bazine intermediare. Exemple.....	238
2.2.2.2. Volumul și amplasarea bazinelor (și a canalelor) zonale .....	242
2.2.2.3. Calculul economic al ridicării apei în raport cu amplasarea agregatelor la diferite înălțimi .....	244
2.2.2.4. Exemplu de raționalizare a consumului de energie în cazul pompării apei pentru irigații pe terenuri în pantă. Model matematic .....	246
2.3. MĂSURI PENTRU ASIGURAREA INDEPENDENȚEI ENERGETICE, ÎN EXPLOATAREA SISTEMELOR DE IRIGAȚII; EXEMPLE .....	248
2.3.1. Soluții de transformare a centrelor de priză ale sistemelor de irigații din Durançe inferior pentru a funcționa fără consum de energie.....	248
2.3.1.1. Condițiile hidrologice și hidroenergetice în care s-au modernizat centrele de priză pentru irigații .....	248
2.3.1.2. Reamenajarea prizelor canalelor agricole pe râul Durançe inferior .....	250
2.3.2. Soluții de scheme hidrotehnice complexe pentru irigații, de tip gravitațional, cu acumulări frontale dominante și transfer interbazinal.....	253
2.3.2.1. Schema hidrotehnică a S.I. gravitațional Iavan Obikiiskaia – din b.h. Vakch – Amudaria, Tadjikistan .....	253
2.3.2.2. Schema hidrotehnică a Sistemului de irigații și hidroenergetic „Steagul Roșu” – Lin Xian .....	255
2.3.3. Soluții de scheme hidrotehnice complexe gravitaționale pentru irigații, cu independență energetică, valorificând apa bazinului hidrografic propriu, prin intermediul acumulărilor. Exemple .....	258
2.3.3.1. Sistemul Canal Provence, Franța .....	258
2.3.3.2. Sistemul Canalul Magistral Siret-Bărăgan.....	259
2.3.4. Soluții de scheme hidrotehnice complexe gravitaționale pentru irigații și producere de energie, valorificând resursele de apă – de cote înalte – ale întregului teritoriu amenajabil. Exemplu complexul Plovdiv-Pasardjik, Bulgaria.....	261
2.3.4.1. Sistemul „Belmeken-Sestrimo” .....	263
2.3.5. Soluții de sisteme de irigații cu independență energetică prin interconectarea surselor de apă. Exemplu din stânga râului Tae Dong, Coreea .....	265
2.3.6. Soluții de irigare a terenurilor de cote înalte fără consum de energie din exterior, sau cu consum de energie reînnoibilă.....	266
2.4. SOLUȚIE DE SCHEMĂ HIDROTEHNICĂ COMPLEXĂ GRAVITAȚIONALĂ PENTRU IRIGAȚII ȘI CU PRODUCERE DE ENERGIE ELECTRICĂ. EXEMPLU .....	270

## PROBLEME DE AUTOMATIZARE ÎN CADRUL SISTEMELOR COMPLEXE DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE

3.1. CONCEPȚII ASUPRA SOLUȚIILOR DE AUTOMATIZARE A SISTEMELOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE, ÎN CADRUL AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE .....	272
3.1.1. Concepții privind controlul gestiunii resurselor de apă în sistemele de irigații din cadrul amenajărilor hidrotehnice complexe .....	272
3.1.2. Concepții privind comanda și reglarea sistemelor de transport și distribuție deschise și sub presiune .....	273
3.1.2.1. Concepții privind tipuri de sisteme de comandă și reglaj pe rețele deschise .....	273
3.1.2.2. Concepții privind modul de comandă și reglaj pe rețelele de conducte sub presiune .....	275
3.1.2.3. Concepții privind automatizarea stațiilor de pompare .....	277
3.1.3. Concepții privind automatizarea irigației la parcelă .....	278
3.1.3.1. Automatizarea în concordanță „posibilități – cerințe” .....	278
3.1.3.2. Automatizarea pentru economisirea forței de muncă .....	279
3.2. PROBLEME DE AUTOMATIZARE ÎN CONTROLUL ȘI GESTIUNEA RESURSELOR DE APĂ CU IMPLICAȚII ASUPRA SISTEMELOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE. EXEMPLU .....	280
3.3. ASPECTE LEGATE DE AUTOMATIZAREA REȚELELOR DE ADUCȚIUNE ȘI DISTRIBUȚIE A APEI .....	284
3.3.1. Principii și tehnici de automatizare a rețelei de aducțiune – distribuție .....	284
3.3.1.1. Modul de livrare a apei și reglajul aferent .....	284
3.3.1.2. Exemple de scheme hidrotehnice automatizate .....	285
3.3.2. Secțiuni caracteristice dintr-un sistem hidrotehnic de irigații cu echipament de automatizare .....	289
3.3.3. Tipuri și relații de reglaj automat pe rețele hidrotehnice gravitaționale .....	290
3.3.3.1. Reglajul parametrilor hidraulici din bieful aval de stăvilă .....	290
3.3.3.2. Reglajul parametrilor hidraulici din bieful amonte de stăvilă .....	293
3.3.3.3. Reglajul parametrilor hidraulici din ambele biefuri aferente stăvilărilor .....	293
3.3.3.4. Concluzii asupra tipurilor de reglaj .....	294
3.3.4. Echipamente de automatizare pe rețele deschise de irigații .....	295
3.3.4.1. Controlul nivelurilor și debitelor retențiilor, bazinelor și canalelor, organelor de reglare, protecție și închidere .....	296
3.3.4.2. Diverse soluții de echipare a canalelor și bazinelor pentru reglare .....	299
3.4. PRINCIPII DE AUTOMATIZARE A SISTEMELOR DE IRIGAȚII DIN ROMÂNIA. ANALIZĂ COMPARATIVĂ .....	304

## ROLUL AMENAJĂRILOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE ÎN DEZVOLTAREA ȘI SISTEMATIZAREA HIDRAULICO-AGRARĂ ȘI AGROINDUSTRIALĂ A TERITORIULUI – CERINȚE, PRINCIPII, STUDII, TEHNICI

4.1. CERINȚE AGROALIMENTARE ȘI EVOLUȚIA AMENAJĂRILOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE .....	307
4.1.1. Probleme demografice, cerințe, resurse .....	307
4.1.2. Evoluția irigațiilor și drenajelor .....	308
1° Dezvoltarea cantitativă a irigațiilor .....	308
2° Dezvoltarea calitativă a irigațiilor .....	309
3° Dezvoltarea cantitativă și calitativă a drenajelor .....	312
4.2. PROBLEME DE REZOLVAT ÎN CADRUL PLANURILOR DE AMENAJARE COMPLEXĂ A TERITORIULUI, VALORIFICÂND SCHEMELE HIDROTEHNICE (HIDRAULICO-AGRARE), ÎN CARE IRIGAȚIILE ȘI DESECĂRILE AU ROL DOMINANT. STUDII .....	313
4.2.1. Studii pentru inventarierea resurselor naturale și a cerințelor pentru agricultură .....	314
1° Pentru resurse de teren .....	314
2° Pentru resurse de apă .....	314
3° Pentru problemele agricole, zootehnice și agroindustriale .....	315
4° Pentru protecția bazinelor versant contra eroziunii .....	315
5° Pentru acumulările locale-colinare .....	316
6° Pentru crearea spațiilor verzi .....	316
7° Pentru măsuri hidroameliorative de irigații, drenaje, asanări, protecția contra inundațiilor .....	316



4.2.2. Probleme. cerințe și studii în dezvoltarea tuturor folosințelor teritoriale dependente de schema hidrotehnică .....	318
1° Utilizarea resurselor naturale .....	320
2° Activitățile industriale, agricole, zootehnice și piscicole .....	321
3° Transporturi .....	324
4° Energia .....	325
5° Dezvoltarea urbană rurală și protecția mediului .....	325
6° Studii de impact asupra mediului .....	326
4.3. CORELAREA ȘI ADAPTAREA SOLUȚIILOR DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI – DRENAJE LA CERINȚELE DE ORGANIZARE ȘI SISTEMATIZARE A TERITORIULUI ȘI CĂI DE REDUCERE A SUPRAFEȚELOR OCUPATE DE LUCRĂRI .....	327
4.3.1. Corelarea lucrărilor de irigații și desecări cu organizarea teritoriului. Exemple de soluții .....	327
1° Corelarea lucrărilor de irigații .....	327
2° Corelarea lucrărilor de desecare .....	331
4.3.2. Unele raționalizări în adoptarea soluțiilor de rețele deschise (canale, jgheaburi) și acumulări (baraje) subterane pentru irigații în contextul reducerii suprafețelor ocupate .....	332
4.3.2.1. Problema canalelor. Analiză tehnico-economică comparativă între cele două forme de secțiuni de canale: trapezoidale și dreptunghiulare .....	333
4.3.2.2. Problema jgheaburilor .....	335

## **CORELAREA SOLUȚIILOR DE IRIGAȚII (ȘI DESECĂRI-DRENAJE) CU CELE DE ALIMENTARI CU APĂ ÎN AGRICULTURĂ (ȘI CANALIZĂRI-EPURĂRI), ÎN CADRUL SCHEMELOR HIDROTEHNICE COMPLEXE. STUDII, EXEMPLE**

5.1. SOLUȚII DE CAPTĂRI DE APĂ CU ASIGURAREA ANUMITOR CALITĂȚI ALE APEI. RAȚIONALIZĂRI .....	348
5.1.1. Captări din acumulări (subterane) pentru asigurarea unei anumite temperaturi a apei. Soluții de captare de la anumite adâncimi .....	348
5.1.1.1. Soluții tehnice de captare de la diverse adâncimi. Exemple .....	348
5.1.1.2. Aspecte legate de temperatura apei captate și regimul termic al acumulărilor .....	351
5.1.1.3. Metoda determinării poziției ferestrelor de captare într-un turn de priză pentru prelevarea apei cu temperatura dorită .....	352
5.1.1.4. Măsuri constructive speciale, antiseismice, la turnurile de priză .....	354
5.1.2. Captări din acumulări subterane pentru asigurarea unor debite și temperaturi relativ uniforme ale apei și pentru reducerea suprafețelor ocupate de lucrări .....	356
1° Prezentare generală – scop, condiții, amplasare .....	356
5.1.2.1. Elemente constructiv-funcționale și condiții de aplicare .....	357
5.1.2.2. Indicații privind calculul elementelor componente .....	359
5.1.3. Captări din apa mării .....	361
5.2. CONSIDERAȚII ASUPRA REȚELELOR DE ADUCȚIUNE, DISTRIBUȚIE ȘI CANALIZARE, ÎN CADRUL UNITĂȚILOR AGRICOLE ȘI A CENTRELOR POPULATE. EXEMPLE DE CALCUL ȘI STUDII .....	363
1° Aducțiunea apei .....	363
2° Distribuția, recircularea și canalizarea apelor din sectorul edilitar-gospodăresc .....	363
5.3. PROBLEME PRIVIND EPURAREA ȘI VALORIFICAREA APELOR REZIDUALE ÎN AGRICULTURĂ ȘI INSTALAȚII ADECVATE .....	371
5.3.1. Posibilități de valorificare a apelor uzate în agricultura irigată .....	372
5.3.2. Descărcarea – evacuarea efluentului în mediu natural .....	378
5.4. SOLUȚII DE SCHEME HIDROTEHNICE PENTRU IRIGAȚII ȘI ALIMENTARI CU APĂ ÎN AGRICULTURĂ, CU STABILIREA VOLUMELOR DE APĂ NECESARE SECTOARELOR INTERESATE ȘI AMENAJĂRILE AFERENTE. EXEMPLU REALIZAT – CANAL PROVENȚE .....	379
5.5. CORELAREA ȘI ADAPTAREA SOLUȚIILOR DE IRIGAȚII ȘI ALIMENTĂRI CU APĂ LA CERINȚELE GOSPODĂRIILOR AGRICOLE CU PARCELE MICI, CU FOLOSINȚE COMPLEXE ȘI ÎN CONDIȚII DE RELIEF VARIAT .....	382

5.5.1. Considerații asupra condițiilor, tehnicilor și formulelor organizatorice .....	382
5.5.2. Rețelele de distribuție – RD – cu instalațiile și construcțiile necesare deservirii agriculturii parcelare și terenurilor cu relief neregulat. Încadrarea RD în schema hidrotehnică a sistemelor de irigații.....	383
5.5.3. Unele indicații pentru asigurarea filtrării apei în centrul de captare. Exemplu .....	391
5.5.4. Unele tehnici de irigare și echipamente de udare, în cadrul gospodăriilor mici, cu profil complex .....	391
1° În cazul aspersiunii .....	392
2° în cazul irigației prin scurgere la suprafață pe brazde .....	396
3° Irigația localizată – prin picurare și rampe perforate.....	398

## **CORELAREA PROBLEMELOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE CU CELE DE REGULARIZĂRI DE RÂURI, NAVIGAȚIE INTERIOARĂ ȘI HIDROENERGIE, ÎN CADRUL PLANURILOR DE AMENAJARE HIDROTEHNICĂ. STUDII ȘI TEHNICI**

6.1. PROBLEME DE REGULARIZĂRI DE RÂURI ȘI NAVIGAȚIE INTERIOARĂ, CORELATE CU AMENAJĂRILE HIDRAULICO-AGRARE. STUDII ȘI TEHNICI .....	399
6.1.1. Studii pentru planuri de amenajare .....	399
6.1.2. Studii. Cercetări pentru amenajarea cursurilor de apă și protecția malurilor și a construcțiilor.....	400
1° Studii hidraulice ale lucrărilor hidrotehnice .....	400
2° Prize de apă și centre de evacuare-descărcare .....	401
3° Scurgerile torențiale de noroi și avalanșe.....	401
4° Colmatarea și deteriorarea acumulărilor .....	402
5° Regularizarea cursurilor de apă.....	403
6.1.3. Studii, cercetări pentru transporturi pe apă (navigație interioară) pe canale magistrale de irigații-navigație.....	404
6.1.4. Studii pentru realizarea unui canal magistral cu rol triplu prioritar: navigație, irigații, alimentare cu apă în scop energetic „Canal Dunăre – Marea Neagră” (CD – MN). Exemplu .....	405
6.1.5. Studii generale necesare pentru orice proiect de amenajare complexă și în scop de transport pe apă: hidrologice, hidraulice, tehnico-economice și de fezabilitate.....	412
6.1.6. Studii și cercetări în zona de litoral și de vărsare a cursurilor de apă pentru câștigarea de uscat și oprirea pătrunderii apelor sărate (din mare) în interiorul zonelor agricole și industriale .....	413
6.1.7. Regularizare de râu în scop de protecție a mediului, agrement și irigații. Exemplu „Amenajarea complexă a râului Dâmbovița în municipiul București” .....	415
6.2. PROBLEME ȘI AMENAJĂRI HIDROENERGETICE CORELATE CU CELE DE IRIGAȚII, ÎN CADRUL PLANURILOR DE AMENAJARE. STUDII ȘI TEHNICI .....	418
6.2.1. Generalități, documentare .....	418
6.2.2. Studii și modele hidrologice .....	419
6.2.3. Hidroenergia și independența energetică în cadrul amenajărilor hidrotehnice complexe .....	423
6.2.4. Studii, cercetări, soluții de che în contextul irigațiilor.....	425
1° Baraje și energie.....	429
2° Centralele hidroelectrice acționate de maree.....	430
3° Microcentrale.....	431
4° Înscrierea centralelor clasice și nucleare în soluția hidrotehnică a canalelor magistrale de navigație-irigații .....	431
6.2.5. Unele tehnologii de etanșare și drenaje pentru amenajări hidrotehnice complexe .....	434
6.2.5.1. Etanșarea barajelor din materiale locale și a fundației acestora în depozite aluviale. Exemplu .....	434
6.2.5.2. Drenajul și etanșarea în protecția incintelor de fundație .....	436

## **RAȚIONALIZĂRI ÎN CERCETAREA, PROIECTAREA ȘI EXPLOATAREA UNOR OBIECTIVE HIDROTEHNICE. MODELAREA; PROIECTAREA CANALELOR ÎN REGIM VARIABIL; TEHNOLOGII DE CALCUL**

7.1. MODELAREA, INSTRUMENT DE RAȚIONALIZARE A PROIECTĂRII SISTEMELOR DE IRIGAȚII, DRENAJE ȘI A ALTOR AMENAJĂRI HIDROTEHNICE .....	442
--	-----

7.1.1. Generalități .....	442
7.1.2. Modelarea hidraulică, instrument esențial de analiză a parametrilor specifici amenajărilor hidrotehnice .....	443
7.1.2.1. Bazele modelării hidraulice. Legile similitudinii .....	443
7.1.2.2. Legile similitudinii dinamice. Criteriile Froude și Reynolds .....	445
7.1.2.3. Incompatibilitatea legilor de similitudine Reech – Froude și Reynolds .....	446
7.1.2.4. Alte aspecte ale modelării hidraulice .....	447
7.1.3. Modelarea matematică. Modele numerice universale .....	447
7.1.3.1. Modele analogice. Analogia electrică .....	448
7.1.3.2. Metoda analogiei Darcy-Poiseuille .....	450
7.1.4. Modele matematice, analogice și fizice pentru studiul drenajului .....	451
7.1.4.1. Modelul matematic pentru cazul mișcării apei spre drenuri în regim nepermanent .....	451
7.1.4.2. Modele analogice pentru studiul drenajului .....	455
7.1.4.3. Modele fizice pentru studiul drenajului .....	456
7.1.5. Modele matematice de spălare și irigare – spălare a terenurilor sărăturate .....	457
7.2. RAȚIONALIZĂRI ÎN PROIECTAREA CANALELOR DE IRIGAȚII, DESECĂRI (ȘI CU ALTE ROLURI), FUNCȚIONÂND CU DEBIT VARIABIL .....	459
7.2.1. Generalități .....	459
7.2.2. Curgerea într-un canal cu debit progresiv crescător .....	460
7.2.2.1. Ecuația mișcării .....	460
7.2.2.2. Adâncimea normală și pseudonormală .....	461
7.2.2.3. Forma curbilor suprafeței libere în mișcare gradual variată în canal cu debit progresiv crescător .....	461
7.2.2.4. Modul de construire a suprafeței libere .....	463
7.2.3. Curgerea într-un canal cu debit progresiv descrescător .....	463
7.2.3.1. Ecuația mișcării .....	463
7.2.3.2. Adâncime normală și pseudonormală .....	464
7.2.3.3. Canal echipat cu fantă longitudinală .....	465
7.2.3.4. Curgere peste coronamentul canalului .....	466
7.3. CALCULATOARE GRAFICE SPECIALIZATE, DESTINATE PROIECTĂRII ȘI EXPLOATĂRII AMENAJĂRILOR PENTRU IRIGAȚII .....	467
7.3.1. Generalități .....	467
7.3.2. Calculatorul grafic tip Rain Bird – specializat pentru irigarea prin aspersiune .....	468
7.3.3. Calculatorul grafic tip Hastings – specializat pentru irigarea pe brazde .....	470

## CONTENTS

### PART I. **COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS**

#### **INTRODUCTION. PROBLEMS AND VISIONS CONCERNING THE HYDROTECHNICAL COMPLEX PROJECTS**

1.1. GLOBAL PROBLEMS INVOLVING HYDROTECHNICAL PROJECTS.....	23
1.2. GLOBAL DEMOGRAPHIC PROBLEMS. FOOD AND WATER REQUIREMENTS ASSESSMENT AT THE LEVEL OF THE YEAR 2000 .....	24
1.3. GLOBAL HYDRAULIC RESOURCES ASSESSMENT. ENFRAMING OF LARGE CONSUMPTION WATER SYSTEMS (E.G. IRRIGATION SYSTEMS) IN HYDRAULIC RESOURCES MANAGEMENT SYSTEMS .....	26
1.4. CONCEPTIONS CONCERNING THE HYDROTECHNICAL PROJECTS .....	29
1.5. CONCEPTION AND EVOLUTION OF THE COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN OUR COUNTRY .....	31

#### **COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN BULGARIA**

2.1. CHARACTERISTIC FEATURES OF BULGARIAN TERRITORY CAPITALIZED FOR COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS .....	34
2.1.1. The relief of Bulgaria .....	34
2.1.2. The water resources of Bulgaria .....	34
2.1.3. The general condition of water usage in Bulgaria .....	35
2.1.3.1. Multiple and single use water reservoirs.....	35
2.1.3.2. Irrigation - drainages - improvements of the bed profiles .....	36
2.2. TYPICAL EXAMPLES OF COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN BULGARIA .....	37
2.2.1. The Complex Hydrotechnical scheme Plovdiv - Pazardjik .....	37
2.2.1.1. The Topolnita System.....	38
2.2.1.2. The Belmeken - Sestrimo System.....	41
2.2.1.3. The Aleko - Potoka and Peshtera - Batak Systems .....	43
2.2.1.4. The Krichim - Tchechniguirov System.....	44
2.2.2. The Complex Hydrotechnical Scheme Tundja .....	46
2.2.2.1. The Sredna Tundja System .....	46
2.2.2.2. The Stara Zagora - Kazanlak System.....	49

#### **COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN THE EX-USSR SPACE**

3.1. CHARACTERISTIC FEATURES OF EX-USSR'S TERRITORY CAPITALIZED FOR COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS .....	52
3.1.1. The hydraulic, relief and land resources and their valorization .....	52
3.1.2. Integrated water resources management and protection .....	53
3.1.2.1. Exploitation of water resources for land reclamation, mainly for irrigation purposes .....	55
3.1.2.2. Use of water resources for hydroenergy .....	56
3.1.2.3. Use of water resources for transportation .....	57
3.1.2.4. Use of water resources for pisciculture.....	58
3.1.2.5. Use of water resources for villages, domestic, agricultural and industrial requirements .....	58
3.1.2.6. Actions - measures for mitigation of adverse water effects .....	58
3.2. EXAMPLES OF COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN EX-USSR'S CENTRAL ASIA, THE AMU-DARIA - ZERAVSAN - SAR-DARIA REGION .....	60
3.2.1. Hydrotechnical projects in Tadjik Republic (Tadjikistan) .....	61
3.2.1.1. Vahs river catchment .....	61
3.2.1.2. Kafirnigan river catchment .....	65
3.2.2. Complex hydrotechnical projects in Uzbek Republic (Uzbekistan) .....	66
3.2.2.1. Complex projects in Golodnaia Stepi - Sar-Daria catchment.....	68

3.2.2.2. Complex hydrotechnical projects on Circik River - Sar-Daria catchment .....	71
3.2.2.3. Complex hydrotechnical projects on Zeravsan River - Amu-Daria catchment .....	71

## COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN FRANCE

4.1. CHARACTERISTIC FEATURES OF FRENCH TERRITORY CAPITALIZED FOR COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS .....	74
4.1.1. Relief and morphologic units.....	74
4.1.2. The hydrology, the hydrography .....	75
4.1.3. The climate .....	76
4.2. THE SURFACE WATERS AND HYDROTECHNICAL PROJECTS .....	76
4.2.1. Water management .....	76
4.2.2. Hydrotechnical projects.....	77
4.2.2.1. Local hydraulic - agrarian projects .....	79
4.2.2.2. The complex project of Durance catchment - with priority focus on hydro-power.....	85
4.2.2.3. The hydrotechnical - territorial complex project of Provence Canal and Provence region .....	91
4.2.2.4. The complex project of the Rhone River. The Rhone River hydrotechnical management with focus on hydro-energy, navigation and agriculture .....	101
4.3. TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ACHIEVEMENT OF HYDROTECHNICAL OBJECTIVES WITH HIGH DIFFICULTY .....	116
4.3.1. Notre-Dame de Commiers Dam sealing .....	116
4.3.2. Protection of centralized constructions of hydro-power project Pierre-Benite, Rhone (1-st pool, downstream Lyon) .....	118
4.3.3. Salty sea waters sluicing against upstream penetration of the river waters. Dam watergate Arzol on Vilaine River .....	119
4.3.4. The solution of water intake in open stream on Rhone River in Vallabreque-D'arles pool perimeter .....	122

## COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN CHINA

5.1. GENERAL FEATURES OF THE NATURAL AND ECONOMIC FRAMEWORK .....	123
5.2. COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN CHINA .....	124
5.2.1. The hydro-power projects in Gezhouba and in Yangzi River gorge.....	127
5.2.2. The Tachai hydraulic - agrarian project .....	127
5.2.3. The irrigation and hydro-power system "The Red Flag" - Lin Xian .....	128
5.2.4. Representative hydrotechnical works in Hui County - Henan Province.....	135
5.2.5. The territorial hydrotechnical project in Taoyuan County .....	137
5.2.6. The Shaoshan hydrotechnical complex .....	139

## REPRESENTATIVE HYDROTECHNICAL COMPLEX PROJECTS IN OTHER COUNTRIES. DESIGN - WORKS

6.1. THE DANUBE - TISA - DANUBE PROJECT (D-T-D), EX-JUGOSLAVIA .....	142
6.2. COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN SENEGAL CATCHMENT (REPUBLIC SENEGAL AND MAURITANIA) .....	144
6.2.1. The natural and economic conditions .....	144
6.2.2. Vision and solutions applied in delta and lower course of the Senegal River .....	145

## THE HYDROTECHNICAL COMPLEX PROJECT IASI

7.1. BASIC INFORMATION. IRRIGABLE POTENTIAL. WATER REQUIREMENTS FOR IRRIGATION, WATER SUPPLY, ETC.....	148
7.2. OLDER MEASURES AND SOLUTIONS FOR GROWING WATER VOLUMES IN BAHUI CATCHMENT .....	149

7.3. THE HYDROTECHNICAL COMPLEX PROJECT IASI, WITH PRIORITY ROLE - IRRIGATION, WATER SUPPLY, AND ADDITIONAL ROLE - POWER SUPPLY .....	150
7.3.1. Cotu Domnitei - Pascani water storage .....	150
7.3.2. Siret - Bahlui hydraulic offtake.....	152
7.3.3. A Inside project.....	155
7.3.3.1. The main and distribution channels .....	155
7.3.3.2. The water supply for rural population centers and livestock sectors .....	155
7.3.3.3. Hydraulic - agrarian projects; irrigation, soil erosion control, drainage.....	157
7.3.3.4. Pisciculture .....	159
7.3.3.5. Hydropower .....	159

## **PART II. *RATIONALIZATIONS IN IRRIGATION AND DRAINAGE IN THE FRAME OF HYDROTECHNICAL COMPLEX PROJECTS***

### **RATIONALIZATIONS OF IRRIGATION AND DRAINAGE TECHNIQUES**

1.1. RATIONALIZATIONS IN FURROWS IRRIGATION TECHNIQUE .....	164
1.1.1. Solutions to improve the furrow irrigation quality .....	164
1° The necessity to use a variable flow. Conditions .....	164
2° Length of the furrow and watering quality.....	167
3° The field efficiency of the furrow irrigation.....	168
1.1.2. Economical criteria for establishing of the optimal length of the furrows .....	169
1° Expenditures for procurement and maintenance for mobile irrigation equipment .....	169
2° Expenditures for displacement and supervision of the mobile irrigation equipment.....	171
3° Expenditures for land development.....	172
4° Expenditures for the water supply.....	172
5° The efficiency of the furrow irrigation.....	172
1.1.3. Devices and equipment for distribution, control, protection and automation of the water flow in furrow irrigation .....	173
1.2. RATIONALIZATIONS IN SPRINKLER IRRIGATION TECHNIQUE .....	175
1.2.1. The distribution networks in terms of scattered users and irregular topography. Guidelines .....	176
1° Effective trails .....	176
2° Calculation of distribution networks (DN) in "on demand" irrigation technique. The evolution of concepts and procedures .....	182
1.2.2. Devices and equipments within distribution network for taking water, control and protection .....	183
1° Devices for water taking within the distribution network - irrigation hydrants and termnals .....	183
2° Equipments for pipelines control and protection.....	185
3° Equipment to protect the network against excessive pressure, depressions and air pockets .....	186
1.2.3. Sprinkler systems with high parameters and operational independence.....	188
1.3. IMPROVEMENTS IN THE LOCALIZED IRRIGATION TECHNIQUE.....	194
1.3.1. Fixed perforated ramps irrigation technique.....	194
1° Principle of operation and elements .....	194
2° Design requirements .....	195
3° Problems of automatic mode operation.....	195
1.3.2. Drip irrigation technique.....	197
1.3.2.1. Principle of operation and elements.....	197
1.3.2.2. Dimensioning elements of the drip irrigation network .....	203
1.4. BIVALENT IRRIGATION - RATIONALIZATION IN THE IRRIGATION TECHNIQUE .....	206
1.4.1. Bivalent irrigation technique: problems, requirements .....	206
1.4.2. Solutions for bivalent irrigation implementation .....	207
1.4.2.1. Schemata to achieve bivalent irrigation projects.....	207
1.4.2.2. Examples of bivalent irrigation networks .....	210
1.4.3. Methods for bivalent irrigation within a pipe network operated with two-stage pressures, shifting the daytime watering .....	214
1.4.3.1. The role of daytime delayed watering methods and its advantages .....	214

1.4.3.2. The optimal rate of bivalent irrigation .....	215
1.4.3.3. Conditions for sizing the bivalent irrigation facilities .....	216
1.4.4. Computer aided design (pac) for pipe network .....	220
1° Requirements (mathematical and technical) .....	220
2° The S.I.P.A.C.I.F. PAC - PIPES Software (fig. 1.77 a, b, c) .....	221
1.5. MODERN DRAINAGE TECHNOLOGIES AND TECHNIQUES .....	222
1.5.1. Technical improvements in drainage design.....	223
1.5.1.1. Drainage project design .....	223
1.5.1.2. The GEOSYSTEME drainage design flowchart (after Daniel de Boni - CNETGEF) .....	223
1.5.1.3. Informative data about GEOSYSTEME .....	227
1.5.2. Efficient drainage materials and technologies.....	228
1.5.2.1. Drains and filters of plastics and planning techniques for: drainage, irrigation - drainage, epandaj .....	228
1.5.3. The problem of reducing the volumes of earthworks and ballast for drainage projects .....	232
1.5.4. Special measures for protection of large drainage sewers, using synthetic filtering materials.....	233

## **RATIONALIZATION OF ENERGY CONSUMPTION FOR IRRIGATION AND DRAINAGE PROJECTS. EXAMPLES**

2.1. OVERALL ISSUES ON ENERGY CONSUMPTION IN IRRIGATION AND DRAINAGE.....	235
2.2. MEASURES TO REDUCE OPERATIONAL ENERGY CONSUMPTION, WITH EXAMPLES.....	236
2.2.1. Solutions for the location of the water intake .....	236
2.2.2. Water lifting solutions in areas with channels and intermediate reservoirs. Examples .....	238
2.2.2.1. Water lifting solutions in areas with intermediate reservoirs. Examples .....	238
2.2.2.2. Volume and location of the reservoirs (and channels) .....	242
2.2.2.3. Economical calculation of water lifting in relation to the location of aggregates at different heights .....	244
2.2.2.4. Example of rationalization of energy consumption when pumping the irrigation water on sloping land. Mathematical model.....	246
2.3. Measures to ensure energy independence, using irrigation systems; examples .....	248
2.3.1. Solutions for transforming the water intakes of the lower Durance irrigation systems to operate without energy consumption .....	248
2.3.1.1. Hydrological and hydropower conditions in which the irrigation water intakes had been upgraded .....	248
2.3.1.2. Refurbishment of water intakes of farm channels on lower Durance River.....	250
2.3.2. Solutions of complex hydrotechnical projects for irrigation, gravitational type, with dominant frontal reservoirs and interbasinal transfer.....	253
2.3.2.1. Hydrotechnical project of gravitational irrigation system Iavan Obikiiskaia – Vach watershed – Amudaria, Tadjikistan .....	253
2.3.2.2. Hydrotechnical project of the irrigation and hydropower system „The Red Flag” - Lin Xian.....	255
2.3.3. Solutions of complex hydrotechnical projects for irrigation, with energy independence, capitalizing on the water of its own watershed through reservoirs. Examples.....	258
2.3.3.1. Canal Provence System, France.....	258
2.3.3.2. Magistral Canal System Siret - Baragan .....	259
2.3.4. Solutions of complex gravitational hydrotechnical projects for irrigation and energy production, capitalizing on water resources – of high elevations – of the whole territory. Example: Plovdiv-Pasardjik Complex, Bulgaria .....	261
2.3.4.1. „Belmeken-Sestrimo” System .....	263
2.3.5. Solutions for water supply of irrigation systems with energy independence through the interconnection of water sources. Example: the left bank of Tae Dong River, Korea .....	265
2.3.6. Irrigation solutions for high lands without energy consumption from the outside or with renewable energy consumption .....	266
2.4. COMPLEX GRAVITATIONAL HYDROTECHNICAL PROJECT FOR IRRIGATION AND GENERATION OF ELECTRIC POWER. EXAMPLE .....	270

## **AUTOMATION PROBLEMS IN THE FRAME OF COMPLEX IRRIGATION AND DRAINAGE PROJECTS**

3.1. CONCEPTS ON AUTOMATION SOLUTIONS OF IRRIGATION AND DRAINAGE SYSTEMS IN THE FRAME OF COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS .....	272
3.1.1. Concepts on the management of the water resources for irrigation systems in the frame of complex hydrotechnical projects.....	272
3.1.2. Concepts on control and regulation of open and under pressure water conveyance systems .....	273
3.1.2.1. Concepts on types of control and regulation systems for open channels .....	273
3.1.2.2. Concepts on types of control and regulation systems for pipeline networks under pressure .....	275
3.1.2.3. Concepts on automation of pumping stations .....	277
3.1.3. Concepts on the automation of the plot irrigation.....	278
3.1.3.1. Automation based on "possibilities - requirements" .....	278
3.1.3.2. Automation for saving the workforce .....	279
3.2. PROBLEMS OF AUTOMATION FOR CONTROL AND MANAGEMENT OF IRRIGATION AND DRAINAGE SYSTEMS. EXAMPLE .....	280
3.3. ASPECTS RELATED TO THE AUTOMATION OF WATER SUPPLY AND DISTRIBUTION NETWORKS .....	284
3.3.1. Principles and techniques of automation of the supply-distribution network .....	284
3.3.1.1. Water delivery mode and related regulation .....	284
3.3.1.2. Examples of automated hydrotechnical projects.....	285
3.3.2. Characteristic sections of hydrotechnical irrigation system with automation equipment .....	289
3.3.3. Types and relations of automatic regulations on gravitational hydrotechnical networks.....	290
3.3.3.1. Hydraulic parameters regulation in the pool downstream the sluice .....	290
3.3.3.2. Hydraulic parameters regulation in the pool upstream the sluice .....	293
3.3.3.3. Hydraulic parameters regulation in both pools associated with the sluice .....	293
3.3.3.4. Conclusions on the regulation types .....	294
3.3.4. Automation equipments for open irrigation networks.....	295
3.3.4.1. Control of levels and flows of retention, reservoirs and channels, protection and closure devices.....	296
3.3.4.2. Various solutions for regulation implementation of channels and reservoirs .....	299
3.4. PRINCIPLES OF AUTOMATION OF IRRIGATION SYSTEMS IN ROMANIA. COMPARATIVE ANALYSIS.....	304

## **THE ROLE OF IRRIGATION AND DRAINAGE PROJECTS IN THE HYDRO - AGRICULTURAL DEVELOPMENT AND LANNING OF THE TERRITORY - REQUIREMENTS, PRINCIPLES, STUDIES, TECHNIQUES**

4.1. AGRICULTURAL AND FOOD REQUIREMENTS AND THE DEVELOPMENT OF IRRIGATION AND DRAINAGE PROJECTS.....	307
4.1.1. Demographics, requirements, resources .....	307
4.1.2. Development of irrigation and drainage.....	308
1° Quantitative development of irrigation .....	308
2° Qualitative development of irrigation .....	309
3° Quantative and qualitative development of drainage .....	312
4.2. PROBLEMS TO BE SOLVED IN THE FRAME OF COMPLEX TERRITORIAL PROJECTS EXPLOITING THE HYDROTECHNICAL PROJECTS (HYDRAULIC - AGRARIAN) WITH MAIN ROLE OF IRRIGATION AND DRAINAGE. STUDIES .....	313
4.2.1. Studies for the inventory of natural resources and requirements for agriculture .....	314
1° For land resources .....	314
2° For water resources .....	314
3° For agricultural, zootechnical and agro-industrial issues .....	315
4° For the antierosional protection of the basin versants .....	315
5° For local-hilly reservoirs .....	316
6° To create green areas.....	316
7° For hydromeliorative measures of irrigation, drainage, sanitation, flood protection .....	316
4.2.2. Problems, requirements and studies in the development of all territorial uses dependent on the hydrotechnical scheme .....	318



1° Use of natural resources.....	320
2° Industrial, agricultural, zootechnical and fishery activities .....	321
3° Transport.....	324
4° Energy.....	325
5° Rural urban development and environmental protection.....	325
6° Environmental impact studies .....	326
<b>4.3. CORRELATION AND ADAPTATION OF IRRIGATION AND DRAINAGE SOLUTIONS TO THE TERRITORY ORGANIZATION AND PLANNING AND WAYS OF REDUCING PROJECT AREAS.....</b>	<b>327</b>
4.3.1. Correlation of irrigation and drainage works with the organization of the territory. Examples of solutions .....	327
1° Correlation of irrigation works .....	327
2° Correlation of drainage works.....	331
4.3.2. Some rationalizations in the adoption of open networks solutions (cannals, gutters) and reservoirs (dams) for irrigation in the context of reducing occupied areas .....	332
4.3.2.1. Channel issue. Comparative technical and economic analysis between the two types of channel sections: trapezoidal and rectangular .....	333
4.3.2.2. The gutter issue.....	335

## **CORRELATION OF IRRIGATION (AND DRAINAGE) SOLUTIONS WITH WATER DELIVERY FOR AGRICULTURE (AND SEWAGE TREATMENT) UNDER COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS. STUDIES, EXAMPLES**

<b>5.1. SOLUTIONS OF CAPTATION WITH PROVISION CERTAIN WATER QUALITIES. RATIONALIZATION.....</b>	<b>349</b>
5.1.1. Captations from (underground) reservoirs to ensure a certain water temperature. Captation solutions at certain depths .....	349
5.1.1.1. Technical solutions for captation from various depths. Examples .....	349
5.1.1.2. Aspects related to captured water temperature and thermal regime of reservoirs .....	352
5.1.1.3. The method of determining the position of the captation windows in an intake tower for water takeoff with the desired temperature .....	353
5.1.1.4. Special construction measures, antiseismic, at the intake towers.....	355
5.1.2. Water captation from underground reservoirs to ensure relatively uniform water flows and temperatures to reduce the areas occupied by the project.....	357
1° Overview- purpose, conditions, location.....	357
5.1.2.1. Constructive – functional elements and implementation conditions .....	358
5.1.2.2. Instructions for calculating the constituent parts.....	360
5.1.3. Captations from the sea .....	362
<b>5.2. CONSIDERATIONS ON ADDUCTION, DISTRIBUTION AND SEWERAGE NETWORKS, IN AGRICULTURAL FACILITIES AND POPULATION CENTERS. EXAMPLES OF CALCULATION AND STUDIES .....</b>	<b>364</b>
1° Water adduction.....	364
2° Distribution, recirculation and sewerage of municipal water .....	364
<b>5.3. PROBLEMS ON TREATMENT AND EXPLOITATION OF WASTE WATER IN AGRICULTURE AND APPROPRIATE EQUIPMENTS .....</b>	<b>371</b>
5.3.1. Possibilities for utilization of waste water in irrigated agriculture .....	372
5.3.2. Discharge – disposal of effluent into the natural environment .....	378
<b>5.4. SOLUTIONS OF HYDROTECHNICAL SCHEMES FOR IRRIGATION AND WATER DELIVERY IN AGRICULTURE, WITH WATER VOLUMES REQUIREMENTS FOR THE SECTORS IN QUESTION AND THE RELATED FACILITIES. IMPLEMENTED PROJECT – CANAL PROVENCE.....</b>	<b>377</b>
<b>5.5. CORRELATION AND MATCHING OF IRRIGATION AND WATER DELIVERY SOLUTIONS TO THE REQUIREMENTS OF AGRICULTURAL HOUSEHOLDS WITH SMALL PLOTS, WITH COMPLEX USES AND NON-REGULATED RELIEF .....</b>	<b>382</b>
5.5.1. Considerations on conditions, techniques and organizational formulas .....	382

5.5.2. Distribution networks – RD – with the instalations and constructions necessary for the servicing of the parcel farming and the non-regulated lands. RD framing in the hydrotechnical scheme of irrigation projects .....	383
5.5.3. Some indications for filtering water in the captation center. Example.....	391
5.5.4. Some irrigation techniques and watering equipment in small households with complex profile .....	391
1° In the case of sprinkler irrigation .....	392
2° In the case of surface irrigation on furrows .....	396
3° Localized irrigation – drip irrigation and perforated ramps .....	398

## **CORRELATION OF IRRIGATION AND DRAINAGE PROBLEMS WITH RIVER REGULATIONS, INLAND NAVIGATION AND HYDROENERGY, UNDER HYDROTECHNICAL DEVELOPMENT PLANS. STUDIES AND TECHNIQUES**

6.1. PROBLEMS OF RIVER REGULATION AND INLAND NAVIGATION, CORRELATED WITH HYDRAULIC-AGRICULTURAL PROJECTS. STUDIES AND TECHNIQUES .....	399
6.1.1. Studies for development plans .....	399
6.1.2. Studies. Research for water courses and bank and construction works protection .....	400
1° S Hydraulic studies for hydrotechnical works.....	400
2° P Water intakes and evacuation-discharge centers.....	401
3° Torrential spills of mud and avalanches.....	401
4° Clogging and deterioration of accumulations.....	400
5° Regularization of watercourses .....	403
6.1.3. Studies, research for water transport (inland navigation) on main irrigation-navigation channels.....	404
6.1.4. Studies for the realization of a triple priority main channel: navigation, irrigation, water supply for energy purposes „Danube – Black Sea Canal” (CD-MN). Example .....	405
6.1.5. General studies required for any complex water project and water transportation project: hydrological, hydraulic, technical-economic and feasibility.....	412
6.1.6. Studies and researches in the seaside area water courses embouchures for gaining land and stopping the penetration of salty waters (from the sea) inside agricultural and industrial areas .....	413
6.1.7. Regularization of the river for the purpose of environmental protection, recreation and irrigation. Example: „Complex Project of The Dambovita River in Bucharest” .....	415
6.2. HYDROENERGY PROBLEMS AND PROJECTS IN CORRELATION WITH IRRIGATION PROJECTS, WITHIN TERRITORIAL PLANNING. STUDIES AND TECHNIQUES .....	418
6.2.1. General elements, documentary.....	418
6.2.2. Hydrological studies and models .....	419
6.2.3. Hydropower and energy independence in complex hydrotechnical projects .....	423
6.2.4. Studies, researches, solutions for hydroelectric plants in the context of irrigation .....	425
1° Dams and energy.....	429
2° Tidal power plants.....	430
3° Micro-hydropower plants.....	431
4° Development of classic and nuclear power plants in the hydrotechnical solution of main navigation and irrigation channels .....	431
6.2.5. Some sealing and drainage techniques for complex hydrotechnical projects .....	434
6.2.5.1. Sealing of dams from local materials and their foundation in alluvial deposits. Examples .....	434
6.2.5.2. Drainage and sealing in the protection of foundation enclosures.....	436

## **RATIONALIZATIONS IN THE RESEARCH, DESIGN AND OPERATION OF HYDROTECHNICAL OBJECTIVES. MODELING; DESIGN OF CHANNELS IN VARIABLE REGIME; COMPUTING TECHNIQUES**

7.1. MODELING AS A RATIONALIZATION TOOL FOR IRRIGATION, DRAINAGE AND OTHER HYDROTECHNICAL PROJECTS DESIGN .....	442
7.1.1. General elements .....	442

7.1.2. Hydraulic modeling, an essential tool for analyzing the specific parameters of hydrotechnical projects .....	443
7.1.2.1. The basics of hydraulic modeling. similarity laws .....	443
7.1.2.2. Laws of dynamic similarity. Froude and Reynolds criteria .....	445
7.1.2.3. Incompatibility of Reech-Froude and Reynolds similarity laws .....	446
7.1.2.4. Other aspects of hydraulic modeling .....	447
7.1.3. Mathematical modeling. Universal numerical models .....	447
7.1.3.1. Analogue models. The electric analogy .....	448
7.1.3.2. The Darcy-Poiseuille analogy method .....	450
7.1.4. Mathematical, analogical and physical model for studying drainage .....	451
7.1.4.1. The mathematical model for the case of non-permanent drainage flow .....	451
7.1.4.2. Analogue models for drainage study .....	455
7.1.4.3. Physical models for the drainage study.....	456
7.1.5. Mathematical models of washing and irrigation – washing of salted lands .....	457
7.2. RATIONALIZATIONS IN THE DESIGN OF IRRIGATION, DRAINAGE (AND WITH OTHER ROLES) CHANNELS, OPERATIONG WITH VARIABLE FLOWS .....	459
7.2.1. General elements .....	459
7.2.2. C Flowinginto a progressively increasing flow channel .....	459
7.2.2.1. Equation of movement.....	460
7.2.2.2. Normal and pseudonormal depth .....	460
7.2.2.3. The shape of the free surface curves in a progressively varied motion in a progressively increasing flow channel .....	461
7.2.2.4. The construction procedure of the free surface .....	463
7.2.3. Flow into a channel with a decreasing progressive flow .....	463
7.2.3.1. Equation of movement.....	463
7.2.3.2. Normal and pseudonormal depth .....	464
7.2.3.3. Channel equipped with longitudinal slot .....	464
7.2.3.4. Flow over channel crest .....	465
7.3. SPECIALIZED GRAPHIC COMPUTERS, DESIGNED FOR THE DESIGN AND EXPLOITATION OF IRRIGATION PROJECTS .....	467
7.3.1. General elements .....	467
7.3.2. Rain Bird graphic calculator – specialized for sprinkler irrigation.....	468
7.3.3. Hastings graphic calculator – specialized for furrow irrigation.....	470

**PARTEA I**

**SCHEME HIDROTEHNICE  
COMPLEXE**



# INTRODUCERE. PROBLEME ȘI CONCEPȚII ASUPRA AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE

Ritmul în care se realizează amenajările hidro-tehnice în diferite scopuri: amenajări hidroenergetice, amenajări de cursuri de apă, amenajări de irigații și drenaje, amenajări piscicole, amenajări pentru transporturi pe apă, amenajări și sistematizări hidraulico-teritoriale, pentru alimentări cu apă și canalizări, pentru agrement și turism, pentru protecția mediului și consolidarea echilibrului ecologic etc. de către diferite departamente și unități de profil pe întreg teritoriul țării, ca și în acțiunea de cooperare, impune o analiză documentară sistematică și profundă, în scopul unei informări mai largi a specialiștilor și studenților ce conlucrează și se formează în acest domeniu.

## 1.1. PROBLEME CU CARE ESTE CONFRUNTATĂ OMENIREA ȘI ÎN CARE AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE AU UN ROL IMPORTANT

În prezent, întreaga omenire, implicit țara noastră, este confruntată cu mari probleme, în a căror rezolvare amenajările hidrotehnice intervin cu rol determinant.

Creșterea demografică se conjugă cu fenomenul de urbanizare și ridicare a nivelului de viață, determinând sporirea cerințelor de hrană, apă, energie și materii prime.

Cu aproape un secol în urmă, planeta noastră număra circa 1 miliard locuitori; azi, suntem peste 7 miliarde de locuitori.

Dorința de progres ce preocupă întreaga omenire, față în față cu resursele de interes vital, care nu sunt fără limită, ridică probleme urgente și numeroase care trebuie rezolvate și în care amenajările hidrotehnice sunt solicitate pentru: punerea în valoare a bogățiilor naturale, ameliorarea condițiilor de viață (economice, sanitare, culturale), organizarea unui mediu natural armonios, prevenirea poluării mediului și a epuizării resurselor.

Dezvoltarea economico-socială și amenajarea teritoriului implică luarea unor decizii de mare importanță pentru utilizarea mijloacelor tehnice și financiare. Aceste decizii sunt cu atât mai importante, cu cât pri-

vesc cel mai adesea numeroși factori sociali, care pot avea repercusiuni asupra numeroaselor sectoare ale economiei naționale sau regional-zonale.

Dezvoltarea mării industrii și a agriculturii de tip industrial pune probleme noi în tehnica construcției și exploatarei, legate de:

- utilizarea resurselor de apă, crearea de noi surse, protecția acestora;
- utilizarea la maximum a rezistenței materialelor puse în operă și valorificarea rațională a caracteristicilor materialelor de fundație, a pământurilor;
- adoptarea de tehnici și tehnologii bazate pe o cunoaștere foarte precisă a fenomenelor, materialelor, solicitărilor etc.

Documentarea corespunzătoare și interdisciplinară asupra unor amenajări hidrotehnice realizate și în alte zone ale lumii poate să conducă la elaborarea de soluții mai sigure și mai economice, cu siguranță în exploatare.

Pe lângă acestea, explozia industrială ce se înregistrează în numeroase țări multiplică în același timp cerințele de apă pentru procese de fabricație; agricultura modernă solicită volume sporite pentru irigații, piscicultură, zootehnie; dezvoltarea și modernizarea centrelor populate reclamă volume crescânde de apă.

La problema cantității (volumelor) de apă necesară se adaugă, din ce în ce cu mai multă insistență, aceea a calității.

Dacă într-o serie de folosințe, din apa utilizată se pierd anumite cantități (ex. evapotranspirația plantelor, sau evaporări din apa de răcire de la centralele termoelectrice), fără însă a se polua sursele (respectiv emisarii), o altă serie importantă de folosințe industriale și agroindustriale evacuează în emisari volume importante de apă poluată.

În felul acesta echilibrul biologic al apelor de suprafață este dereglat și poluarea amenință chiar sursele de apă subterane și mediul ambiant.

Pentru evitarea acestui dezechilibru, pentru prevenirea proceselor de epuizare și poluare a resurselor de apă, ca și pentru protecția și conservarea solurilor și pădurilor, proiectele de amenajări hidrotehnice trebuie să fie complexe, să includă și aceste aspecte, atât din punct de vedere tehnic cât și financiar, pe lângă cerințele sau grupele de cerințe prioritare care promovează investiția în aceste lucrări.

La aspectele generale de mai sus, comune tuturor societăților și țărilor, la noi se adaugă cele specifice actualei etape, referitoare la independența energetică; autoaprovizionarea teritorială și autogospodărirea; valorificarea maximă a resurselor locale și naționale, a pământului și a apei, cu protecția acestora.

Fundamentarea soluțiilor de valorificare intensă și rațională a fondului funciar și a apelor urmărește un dublu scop: asigurarea securității oamenilor în contextul „apă – pământ” și definirea condițiilor celor mai economice de execuție și exploatare a amenajărilor hidrotehnice.

Apa dulce, element prezent în întreaga existență și activitate umană, fiind inegal repartizată pe suprafața globului – prea abundentă sau prea puțină, devastatoare la viituri și aproape inexistentă în perioade de secetă îndelungată – reclamă măsuri radicale de regularizare a cursurilor de apă.

Absență în zonele aride, apa a început să fie insuficientă chiar și în zonele umede, unde creșterea demografică și dezvoltarea industrială pun din ce în ce în evidență necesitatea valorificării raționale a tuturor resurselor de apă disponibile.

Măsurile necesare să rezolve complexitatea problemei de „bună gospodărire a apei”, în folosul omului, nu pot fi bine definite fără studii și cercetări hidraulice prealabile, atât pentru zonele „sărace” cât și pentru cele „bogate” în apă.

În cuprinsul prezentei lucrări, firul călăuzitor – prin exemplificările date – urmărește evidențierea măsurilor și soluțiilor cu caracter hidrotehnic, în care apa este trecută prin complexitatea folosințelor: uzinare, transport, alimentare, irigare etc., cu măsurile de protecție (a apei și a echilibrului ecologic) adecvate.

Așadar, apa este tratată prin prisma poziției pe care i-o conferă cerințele industriale, agricole și de salubritate ale economiei moderne.

Apa nu mai poate fi privită ca în trecut:

- resursă naturală inepuizabilă, care poate fi risipită fără discernământ;
- disponibilă și gratuită în folosire, fără valoare comercială, fără ca utilizarea să implice o grijă deosebită, cu privire la cantitatea sau menținerea calității, ci din contră, pe măsură ce procesele de industrializare, urbanizare, și dezvoltare social-economică se amplifică, fie în țările industriale sau în cele în curs de dezvoltare, fie în zonele aride sau umede, apa devine o mare problemă, pentru a cărei rezolvare se realizează amenajările hidrotehnice complexe.

## 1.2. PROBLEMELE DEMOGRAFICE ALE GLOBULUI, CU ESTIMAREA CERINȚELOR DE ALIMENTE ȘI APĂ, LA NIVELUL ANULUI 2000

După publicațiile FAO (1979), la sfârșitul secolului XX populația globului urma să numere peste 6 miliarde locuitori, față de 3 miliarde în anii '60 și 4,3 miliarde în 1979 (tabel 1.1).

Aceste date evidențiază ritmul rapid în care crește populația țărilor în curs de dezvoltare din: Africa, Orientul Apropiat, America Latină și Extremul Orient.

Analizându-se comparativ explozia demografică, cu producțiile agroalimentare și cerințele de alimente pe locuitor, se pot trage concluzii cât mai reale asupra necesității intensificării producțiilor agricole și, implicit, asupra problemelor de ordin hidrotehnic pentru irigații și drenaje.

Forurile mondiale de specialitate, estimând ca rațională o rație alimentară zilnică pentru un om matur la 2.700 calorii (prof. Milos Holy, 1975 – CIID), ajung la concluzia că numai în țările industrializate se asigură aprovizionarea cu produse agroalimentare pentru acest nivel (tabel 1.2), în timp ce în restul țărilor, situația este defavorabilă.

S-a estimat (FAO) pentru nivelul anului 1975 și al consumului de 2.700 calorii pe zi și persoană, un deficit de 972 miliarde calorii în țările în curs de dezvoltare.

Ținând seama de creșterea demografică la nivelul anului 2000 (v. tabel 1.1), populația țărilor în curs de dezvoltare va atinge 3,54 miliarde locuitori (deci o creștere de 1,6 miliarde față de 1975); în această ipoteză apare necesitatea unei suplimentări anuale de 4.230 miliarde calorii.

**Tabel 1.1.** Populația globului (FAO, Roma, 1979)

	1963	1975	1980	1990	2000	Perioada			
						1963 la 1975	1980 la 1990	1990 la 2000	1980 la 2000
						Procentaj anual de creștere			
Populația totală a globului	3.151	3.909	4.339	5.185	6.079	1,0	1,8	1,6	1,7
Țări industrializate	1.000	1.121	1.100	1.259	1.343	0,9	0,8	0,6	0,7
China	085	839	908	1.031	1.148	1,7	1,3	1,1	1,2
Țări în dezvoltare	1.444	1.971	2.233	2.854	3.539	2,6	2,5	2,2	2,3
Africa	231	325	374	501	671	2,0	3,0	3,0	3,0
Extremul Orient	851	1.138	1.277	1.592	1.901	2,5	2,2	1,8	2,0
America Latină	227	319	300	175	602	2,8	2,6	2,4	2,5
Orientul Apropiat	133	189	217	286	366	2,7	2,8	2,5	2,0

**Tabel 1.2.** Consumul de alimente pe locuitor (în calorii) (date FAO, Roma, 1979)

Zonele populate ale globului	Caloriile asigurate zilnic	
	1963	1975
Țări industrializate	3.162	3.362
Țări în curs de dezvoltare *	2.141	2.207
Africa	2.115	2.197
Extremul Orient	2.035	2.054
America Latină	2.453	2.543
Orientul Apropiat	2.336	2.614

\* 90 țări în curs de dezvoltare

Asigurarea acestui deficit de produse alimentare constituie una din marile și importante sarcini ale umanității, la care contribuția amenajărilor hidrotehnice pentru irigații și drenaje este determinantă.

Eforturile omenirii de a valorifica în scop alimentar și alte resurse decât cele agricole nu înscriu încă rezultate spectaculoase, ca de exemplu proteinele oceanelor. Oamenii trebuie deci să continue eforturile pe direcția creșterii producției agricole totale și specifice, alături de distribuția echitabilă a acestora.

Creșterea producției agricole se poate realiza pe cele două direcții: extensivă, crescând suprafața terenurilor cultivate, și intensivă, intensificând producția specifică.

În funcție de condițiile economice, tehnice, sociale, poate domina una din cele două căi, sau în aceeași zonă, paralel cu prima soluție (extensivă) se adoptă și soluția a doua (de intensificare a producției pe terenurile aflate deja în cultură și chiar cu schimbarea modului lor de folosință).

Prima soluție, numită și „expansiunea orizontală”, se poate aplica în regiunile cu mari suprafețe de terenuri neluate în cultură, „noi”, ca de exemplu în America Latină și în Africa. A doua soluție, numită și „dezvoltarea verticală”, constă în intensificarea producției agricole existente, prin aplicarea unei game largi de măsuri cu caracter agrotehnic (îngrășămințe, hibrizi vegetali foarte productivi, măsuri agrotehnice etc.) și cu caracter hidrotehnic (irigații, desecări – drenaje, protecția contra viiturilor etc.). Dacă în țările industrializate terenurile agricole sunt valorificate intens, în țările în curs de dezvoltare există încă importante rezerve de teren ce pot fi utilizate (tabel 1.3).

La aceste mari rezerve de teren potențial agricol se adaugă totodată și măsurile de „dezvoltare verticală”, măsuri aplicate în țările dezvoltate și care se referă, îndeosebi, la regularizarea regimului hidric și nutritiv al solului. Acestea sunt măsuri fundamentale; irigațiile, drenajele, protecția contra viiturilor, alimentarea cu apă a agriculturii, lupta contra maladiilor transmisibile prin

apă, protecția mediului cu menținerea echilibrului ecologic făcând parte dintre aceste măsuri ce asigură o bună gospodărire a apelor și solului, conduc la obținerea de recolte abundente, regulate și de calitate superioară.

**Tabel 1.3.** Rezerve de terenuri ce pot fi luate în cultură până în anul 2000

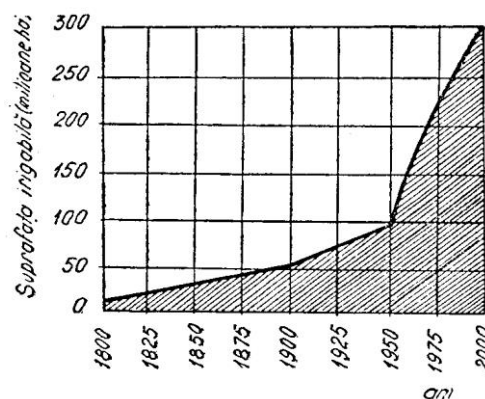
Zona	Rezerve de teren potențial arabil	
	milioane ha	% din total
90 de țări în curs de dezvoltare, din care:	838	47
Africa	382	60
Extremul Orient	57	16
America Latină	363	56
Orientul Apropiat	37	28

Sursa: FAO, Roma, 1979

În politica dezvoltării hidraulico-agrar, în orice zonă a globului, fie pe orizontală, fie pe verticală, fie în ambele soluții, irigațiile, drenajele și regularizarea cursurilor de apă vor fi factori decisivi, mijloace fundamentale în creșterea producției agricole.

Proгноza evoluției până în anul 2000 a amenajărilor de irigații înscrie cifre mult diferite, de la o sursă la alta. Bunăoară, I. Zonn (Holy și Framji, 1977, CIID), fundamentând ipoteza dezvoltării irigațiilor în perioada 1950-1975, prevede că în anul 2000, pe glob, vor fi irigate aproximativ 500 milioane ha.

Prevederile FAO, bazate pe prognoza CIID, care cumulează datele țărilor membre (ce dețin cele mai mari suprafețe irigate pe glob), înscriu date mai modeste: 300 milioane ha, pentru anul 2000 (fig. 1.1).

**Fig. 1.1.** Dezvoltarea irigațiilor în prezent și în perspectivă în lume, în conformitate cu datele statistice publicate de FAO și C.I.I.D.

Dezvoltarea efectivă a irigațiilor depinde de situația economică mondială, de nivelul investițiilor, de capitalul disponibil pentru realizarea proiectelor de irigații și de tehnica respectivă.

Pentru țările în curs de dezvoltare, FAO indică (1979) ca realistă evoluția irigațiilor conform datelor din tabelul 1.4.



**Tabel 1.4.** Perspectiva irigațiilor pentru anul 2000

Zona	Suprafața irigabilă	
	Suprafața amenajată (mii. ha)	Procent suprafață irigabilă din totalul terenurilor arabile
90 de țări în curs de dezvoltare, din care:	152,5	16
Africa	6,4	3
Extremul Orient	98,3	33
America Latină	22,6	8
Orientul Apropiat	25,2	27

Sursa: FAO, Roma, 1979

În perioada 1980-2000, dezvoltarea irigațiilor nu înscrie un ritm atât de ridicat încât să poată asigura aprovizionarea cu alimente la scara mondială. Această situație este datorată lipsei de fonduri într-un mare număr de țări în curs de dezvoltare.

La scara globului, creșterea virtuală a suprafeței brute cultivabile, urmare a dezvoltării irigațiilor, se evaluează la 1.110 milioane hectare, față de suprafața totală virtual cultivabilă de 5.560 milioane ha (din care 4.450 milioane ha reprezintă suprafața brută virtual cultivabilă pentru irigații).

Suprafața totală irigabilă pe glob (în afara zonelor tropicale umede, dispunând de apă) reprezintă 947 milioane ha, din care în 1981 erau irigate aproximativ 250 milioane ha.

### 1.3. EVALUAREA RESURSELOR HIDRAULICE MONDIALE. ÎNCADRAREA UNOR SISTEME CU MARI CONSUMURI DE APĂ (EX. IRIGAȚIILE) ÎN SISTEMELE DE GESTIUNE A RESURSELOR HIDRAULICE

Cerințele de apă pentru toate sectoarele economico-sociale ale omenirii, inclusiv pentru agricultură (prin irigații), fiind în continuă creștere, se impune elaborarea unui plan de gestiune rațional pentru toate resursele, în fiecare bazin hidrografic sau teritoriu supus amenajării complexe.

Datele publicate asupra resurselor hidraulice ale planetei variază; o anchetă efectuată în cadrul Anului Geofizic Internațional (Riha, 1979) prezintă resursele globului conform tabelului 1.5.

Apa dulce, care interesează în special majoritatea activităților omenești, reprezintă 2,77% din totalul de apă al biosferei. Dar, din aceasta, numai o parte este accesibilă. Apa dulce, economic disponibilă, reprezintă

numai 0,015% din total, respectiv  $2 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$  pe an.

Bilanțul hidrologic al globului se prezintă (aceleași documente) în tabelul 1.6.

Apa dulce, teoretic disponibilă aproximativ  $2 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$  total pe an, respectiv 0,015% din totalul resurselor de apă dulce ale globului terestru.

**Tabel 1.5.** Resursele de apă ale globului terestru, după ancheta efectuată în cadrul Anului Geofizic Internațional

Surse	$10^3 \text{ km}$	Volume de apă % (din total)	% (din apă dulce)
<i>Apă sărată</i>			
Oceane	1.300.000	97,220	–
Lacuri sărate și mări interioare	100	0,008	–
<i>Apă dulce</i>			
Aisberguri și ghețuri polare	28.500	2,136	77,630
Apă din atmosferă	12	0,001	0,035
Apă din plante și organisme vii	1,13	0,0001	0,003
Lacuri cu apă dulce	123	0,009	0,335
Cursuri de apă	1,23	0,0001	0,003
Apă din sol și freatică	65	0,005	0,178
Apă subterană	8.000	0,620	21,800
Apă dulce: total aproximativ	36.700	2,770	100,000
Apă: total aproximativ	1.337.000	100,000	

**Tabel 1.6.** Bilanțul hidrologic al globului

Zona	Suprafața	Precipitații		Evaporație		Scurgere	
	( $10^6 \text{ km}^2$ )	(m)	( $10^3 \text{ km}^3$ )	(m)	( $10^3 \text{ km}^3$ )	(m)	( $10^3 \text{ km}^3$ )
Oceane	361	1,12	403	1,25	449	0,13	46
Continente	149	0,72	107	0,41	61	0,31	46

Important este, îndeosebi, volumul de apă controlabil, supus legilor fizice ale ciclului hidrologic din biosferă, care permite satisfacerea cerințelor umane. După M. I. Lvovitch (1974), acest volum s-ar ridica la  $23 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$  pe an.

Neexistând încă metode riguroase de studiu privind evoluția cerințelor la nivel mondial, nu se poate da un răspuns precis acestei probleme, după cum se apreciază în lucrările Congresului al XI-lea ICID (Grenoble, 1981).

Prof. M. Holy dă totuși un răspuns aproximativ (1981), pentru cerințe, plecând de la consumul specific mondial anual de apă ( $1.000 \text{ m}^3$ , după Riha, 1979) și de la numărul populației globului (4.339 milioane în 1980 și 6.079 milioane, aproximativ, în 2000). Aceste valori le înscrie pe curba distribuției ipotetice a apei (fig. 1.2).

Cu toate că volumul de  $23 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$  apă dulce controlabil pe an poate acoperi cerințele anului 2000, repartizarea defectuoasă a acestei bogății (fig. 1.3) ridică probleme serioase omenirii.

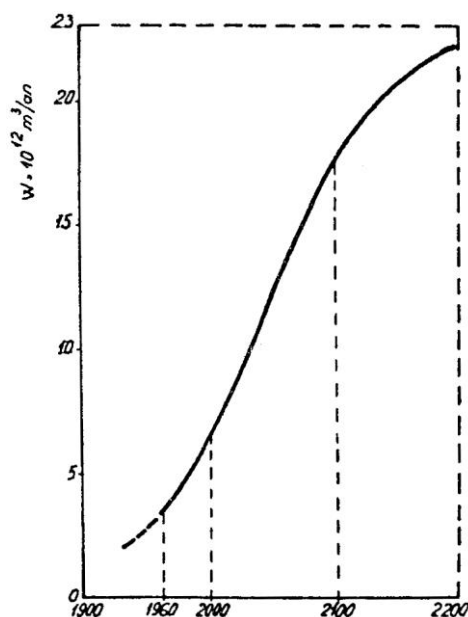


Fig. 1.2. Curba distribuției ipotetice a apei.

Cifrele dintre paranteze (fig. 1.3) dau indicații asupra exploatării posibile a resurselor de apă dulce disponibilă în anul 2000 și confirmă importanța diferențierii regionale. Se constată astfel o epuizare totală



Fig. 1.3. Schema hărții mondiale a resurselor de apă: 1 – N. America; 2 – N.V. Europa; 3 – S. Europa; 4 – E. Europa; 5 – Alte zone economice dezvoltate; 6 – America Centrală; 7 – S. America; 8 – Africa de Nord și Orientul Mijlociu; 9 – Africa Centrală; 10 – restul Africii; 11 – S. și S.E. Asia; 12 – Câmpia centrală a Asiei.

în zona 8, care corespunde cu Africa de Nord și Orientul Mijlociu.

Încadrarea sistemelor de irigații – ca subsisteme sau ca sisteme independente, în cazul priorității totale a irigațiilor – în sistemele de gestiune a resurselor, impune luarea în considerare a unui complex de factori naturali și socio-economici.

Sunt de reținut în acest sens următoarele idei:

– apa prelevată pentru irigații este aproape integral pierdută pentru bilanțul bazinului hidrologic, prin evapotranspirație. În zonele aride și semiaride se impune o foarte riguroasă raționalizare a folosirii apei, ca de altfel și în zonele temperate, cu lungi și frecvente perioade de secete;

– între elementele sistemelor de gestiune a apei și ale celor de irigații există o gamă de relații, din care se determină în principal volumele, debitele și condițiile de prelevare a apei pentru sistemele de irigații. Printre acestea figurează și protecția mediului și prevenirea efectelor negative asupra solului, ca: salinizarea, podzolizarea, înmlăștinirea, eroziunea, riscul de apariție și propagare a paludismului și altor maladii etc.;

– în sistemele de gestiune a apei, în care irigațiile reprezintă scopul prioritar, celelalte obiective pot coexista în mod complementar.

Astfel, de exemplu, în ceea ce privește extinderea în perimetre foarte mari a irigației prin aspersiune, care reclamă cantități considerabile de energie, aceasta se poate produce chiar în cadrul sistemului de gestiune respectiv, asigurându-se astfel autonomia energetică.

Situația este diferită în sistemele de gestiune având un obiectiv principal, de exemplu, producerea de energie electrică. În acest caz, sistemele de irigații trebuie concepute – ca tehnică de irigare, ca amplasare, ca mărime etc. – în funcție de situația energetică.

Independent de implicațiile legate de energie și de mediu, sistemele de gestiune și de irigații sunt supuse factorilor socio-economici.

Modul de abordare a studiului sistemelor de irigații, în cadrul sistemelor de gestiune, poate varia.

Un punct de vedere cuprinzător se poate obține apelând la teoria sistemelor. Aceasta permite descoperirea și definirea elementului esențial al sistemelor de gestiune și de irigații, ca și corelațiile lor cu mediul înconjurător. Pe această bază, principalele intrări și ieșiri (input-uri și output-uri) din sistem sunt definite și este posibilă caracterizarea situației tuturor variabilelor de intrare în diverse stadii de soluționare.

Transformările aduse sistemului vor conduce la un număr de modificări aduse variabilelor de ieșire, ceea ce traduce de fapt reacția sistemului la valorile variabilelor de intrare, permițând determinarea comportării sistemului.

O dată îndeplinite unele operații, ca: alegerea elementelor sistemului de irigații și stabilirea corelațiilor interne și externe cu sistemele de gestiune care determină comportarea acestuia, se parcurg următorii pași:

- analiza problemei care urmează a fi rezolvată, de exemplu asigurarea apei necesare sistemului de irigații de către sistemul de gestiune, fiabilitatea sistemului de irigații, restricțiile impuse sistemului de gestiune etc.;

- conceptul general trebuie să fie stabilirea sistemului de irigații în cadrul sistemului de gestiune, analizând funcția acesteia, condițiile de fiabilitate a exploatării, raporturile dintre activitățile celor două sisteme;

- în cazul sistemelor de irigații vaste și complexe, trebuie studiate posibilitățile de partajare în subsisteme, în funcție de resursele hidraulice;

- obiectivele trebuie transformate în criterii cantitative, variabilele de intrare trebuie cuantificate, restricțiile impuse sistemelor de irigații de către sistemul de gestiune și de către mediul înconjurător trebuie definite;

- se va efectua o estimare a fiabilității și a condițiilor de siguranță în funcționarea sistemului de irigații.

Acestor etape, ce au condus la clarificarea problemei, la concepția fundamentală a soluției, la divizarea sistemului în subsisteme, la transformarea variabilelor de intrare și a obiectivelor în variabile cuantificabile și la evaluarea fiabilității sistemului, le urmează studiul funcționării acestuia din urmă (a sistemului) și stabilirea modelului matematic.

Pentru alegerea corectă a metodelor cercetării operaționale și evaluării importanței acestora pentru cazul în studiu, este necesară o bună înțelegere a clasificării sistemului de irigații în ierarhia sistemelor.

Irigațiile se pot analiza în funcție de mai multe criterii, dintre care mai importante sunt: producția agricolă și gestiunea apei.

Sistemul de irigații se consideră, cel mai adesea, ca un subsistem al sistemului de gestiune a resurselor de apă.

O dată stabilite raporturile dintre subsistemele de irigații și cele ale producției agricole, acestea se pot ridica, la rândul lor, la rang de sisteme, analizându-le structurile, comportamentul, intrările și ieșirile.

Raporturile cu sistemele de producție agricolă se transformă în interacțiuni între sistemele de irigații și

mediul lor înconjurător.

De asemenea, este posibil să se transforme raporturile lor cu sistemele de gestionare a resurselor de apă.

Cele două tipuri de sisteme nu sunt concepute ca sisteme paralele ci, mai degrabă, ca două etape distincte în cadrul analizei sistemelor.

În prima etapă se analizează sistemul de gestiune înglobând subsistemul de irigații (fig. 1.4), iar în a doua etapă, acesta din urmă este considerat ca sistem distinct (fig. 1.5).

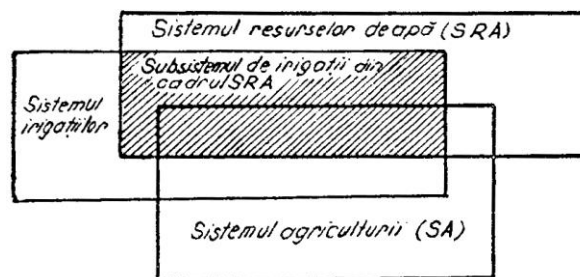


Fig. 1.4. Resurse de apă și sisteme agricole, inclusiv sistemele de irigații.

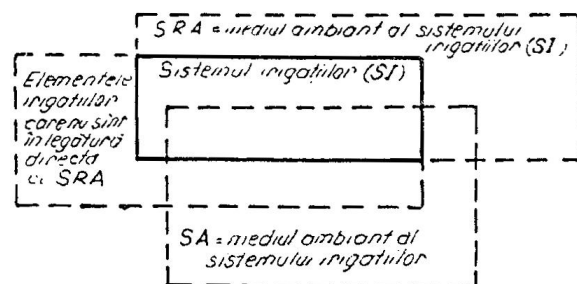


Fig. 1.5. Subsistemele irigațiilor din cadrul SRA ridicat la rangul de sistem (SI).

În cursul analizei problemei s-ar putea construi o întreagă ierarhie de subsisteme; astfel, s-ar putea studia sistemele de gestiune a apei ca subsisteme ale economiei naționale (fig. 1.6), sau ale mediului înconjurător (fig. 1.7), sau, în cazuri speciale, deservite irigațiilor, pe anumite teritorii și în anumite condiții.

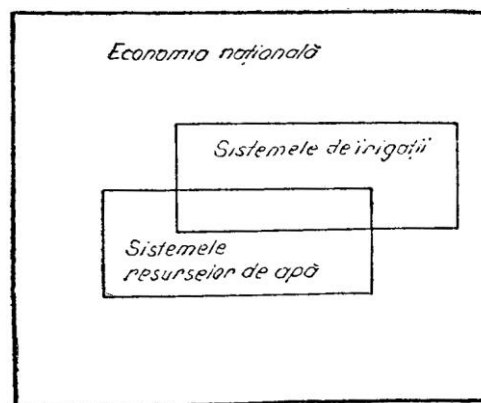
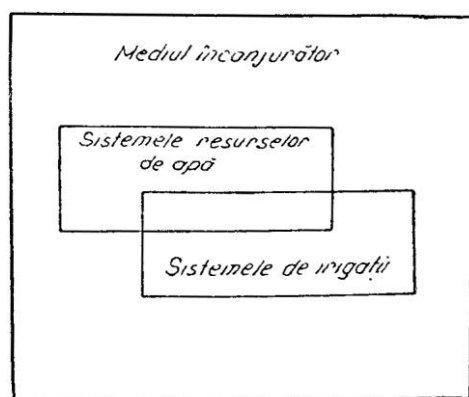


Fig. 1.6. Sistemul resurselor de apă ca subsistem al economiei naționale.



**Fig. 1.7.** Sistemul resurselor de apă ca subsistem al mediului ambiant.

Elementele planificării privitoare la documentare și cadru, concepția și funcționarea sistemelor de gestiune și de irigații sunt furnizate astfel încât se pot avea în vedere relații mai largi decât raporturile dintre sisteme și mediul înconjurător. Acesta din urmă ar putea îngloba, de exemplu, efectele sistemului energetic, sistemului de protecție a personalului și materialelor și factorii legați de mediu.

## 1.4. CONCEPȚII ASUPRA AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE

În zone și țări din lume în care se întâlnesc amenajări hidrotehnice în soluții complexe, este dominantă, ca și la noi, concepția colaborării sectoarelor ce concurează la realizarea acestor obiective, formula tehnico-organizatorică permițând aceasta. De exemplu, în China – prin faptul că central, dar și regional și județean, se întâlnesc formule organizatorice ce înglobează problema apă, energie, irigații – realizarea în complex, de exemplu, a unui mare sistem zonal de irigații, asigură cu apă și energie cerințele tuturor sectoarelor economice dominate de această schemă hidrotehnică. Aceste mari sisteme de irigații nu sunt consumatoare de energie, transportul și distribuția apei făcându-se gravitațional; ele produc și energie.

Conlucrarea diferitelor ramuri ale economiei în cadrul aceleiași scheme hidrotehnice conduce la efecte social-economice considerabile.

În exemplele date în capitolele 2-7 sunt de remarcat: soluții de scheme complexe, tehnologii deosebite, dezvoltate pe etape, surse de finanțare, ca de exemplu:

- soluțiile de conlucrare în cadrul aceleiași scheme hidrotehnice a diferitelor sectoare și folosințe, cu fixarea sectoarelor prioritare: regularizări (R), hidroenergetică (HE) și navigație (N); irigații (I) și piscicultură (P); alimentări cu apă (AA) și protecția me-

diului (PM); sau HE și I; sau HE + I + N; sau HE + I + P sau toate cele de mai sus (ex. în fosta U.R.S.S., Bulgaria, Franța, China);

- concepția transferului de apă interbazinal, prin conlucrarea HE + I + R (ex. amenajarea de pe râul Vahș – Amu Daria, Sistemul I. Yavan – Obikiik și amenajarea HE Baipaza);

- tehnici de fundare pe loess prin tasare cu apă cu 3-4 luni înainte de execuția construcțiilor hidrotehnice (ex. S.I.I. Yavan – Obikiik – Amu Daria);

- nivelări și modelări care, deși înscriu volume specifice de terasamente considerabile, ca cifre medii (ex. 1.200 m<sup>3</sup>/ha în S.I din R. Tadjikă – b.h. Vahș), sunt totuși eficiente.

Genurile de amenajări și complexitatea acestora sunt specifice și diferitelor etape tehnico-istorice. Astfel, în Uzbekistan sunt diferențiate net următoarele etape: înainte de 1931 – când au fost realizate lucrări simple; 1931-1937, cu grandioase amenajări de irigații; 1938-1941, cu mari aducțiuni – canale magistrale cu scopuri complexe; 1941-1945 – cu toată situația grea, impusă de război, au început amenajările complexe de irigații și hidroenergetice; după 1950, preocupările au fost concentrate spre creșterea eficienței terenurilor agricole, a amenajărilor de drenaje, a perfectării prizelelor de apă și a rețelelor de irigații etc.; iar deceniul 1970-1980 a reprezentat etapa amenajărilor complexe, cu rol principal pentru regularizarea scurgerilor, a cursurilor de apă, pentru obținerea energiei și irigații.

Se arată, pentru cei interesați în organizarea tehnico-economică a unor acțiuni de amenajări complexe pe terenuri noi, exemple ca cele din „Golodnaia Stepî” (fosta U.R.S.S.) și „Regiunea Provençe” (Franța), din care rezultă și modul de eșalonare al investițiilor și al obiectivelor unor mari amenajări (ex. Soc. „Canal Provençe” – pe 3 etape, și cu fonduri din 3 surse: banca internațională, în prima etapă; surse financiare interne pentru etapa a II-a și fonduri proprii ale beneficiarilor pentru etapa a III-a).

Eficiența în gospodărirea resurselor de apă se poate urmări prin analiza folosirii acesteia, de exemplu în irigații, în cele două soluții ( $S_1$ ,  $S_2$ ) de captare:

- $S_1$  – direct, prin pompare din râu, când cu un debit instalat de 1 l/s se poate iriga o suprafață de 1-2 ha, sau

- $S_2$  – prin intermediul unei acumulări zonale, dominante, când același debit specific (1 l/s) acumulat timp de un an, poate asigura irigarea unei suprafețe de 10-15 ha. Exemplul oferit de Complexul hidrotehnic Topolnița (Bulgaria) este evident și convingător.

Soluțiile de amenajare complexă a unor cursuri de apă pot servi ca exemplu în documentarea celor ce realizează asemenea proiecte. Astfel, Ronul, cu cel mai mare afluent al său Duraș, cu amenajările complexe:

hidroenergetice, navigație, hidraulico-agrară și sistematizarea agroindustrială, este reprezentativ ca mod de amenajare de:

- mari cursuri de apă (Ronul),
- bazin hidrografic (Durançe-ul) și
- de vaste teritorii (Provençe).

Diversele soluții de schemă hidrotehnică complexă sunt însoțite la sfârșitul capitolului respectiv (ex. cap. 4), sau în capitol separat, după extindere sau grad de generalizare, de prezentarea câte unui gen de construcție hidrotehnică, de studiu experimental sau de tehnologie de execuție specifice și care se reliefează mai pregnant în cadrul schemei hidrotehnice respective.

Ca linii directe, din punct de vedere organizatorico-financiar, sunt de reținut patru idei centrale:

- dirijarea și tratarea unitară a problemelor legate de gospodărirea apei – irigații – hidroenergetică;
- realizarea proiectelor și lucrărilor prin organisme extrem de variate (locale – asociații, de bazin, companii teritoriale etc.) și adaptabile unor condiții date, fără structuri rigide;
- etapizarea lucrărilor mari (în general pe 3 etape), cu surse de finanțare diferite;
- controlul riguros al statului și al beneficiarilor interesați, în toate etapele realizării unei mari amenajări complexe, începând cu emiterea temei și finalizând cu exploatarea și valorificarea obiectivelor respective, până la atingerea parametrilor din proiect.

Pentru toate genurile de amenajare hidrotehnică, fie că aceasta privește un bazin hidrografic, un vast teritoriu, un curs de apă, sau un sector limitat al acestora, soluția de ansamblu urmărește promovarea aducțiunilor de tip gravitațional și, pe cât posibil, cu producere de energie sau de echilibrare a consumurilor cu producția proprie de energie, asigurând astfel independența energetică a sistemului; exemplele analizate în capitolele 2-7 se înscriu în această concepție.

În acest context, al schemelor hidrotehnice complexe și gravitaționale, s-a urmărit obținerea unor răspunsuri la o vastă problemă care se întâlnește și se va pune pentru viitoarele dezvoltări economico-teritoriale ale țării noastre, ale tuturor zonelor geomorfologice, ale tuturor provinciilor, județelor și comunelor, ale tuturor cursurilor de apă, ale diverselor structuri economico-organizatorice etc.

Argumentația pentru sprijinirea soluției de schemă hidrotehnică complexă, cu bilanțuri energetice cât mai favorabile, cu reliefarea numeroaselor tipuri de soluții, s-a făcut pentru:

- teritorii cu relieful și hidrografii diverse;
- țări cu structuri social-economice diverse și cu stadii de dezvoltare tehnico-industrială diverse;
- structuri și formule organizatorice-financiare diverse etc.

Prin dezvoltarea tematicii acestei lucrări s-a urmărit ca după prezentarea unor soluții și formule de scheme hidrotehnice complexe – fie pe bazine hidrografice, fie pe teritorii întinse, fie pe râuri sau sectoare ale acestora, din diverse țări (cap. 2-6), să se prezinte într-un capitol separat (cap. 7), o soluție de schemă hidrotehnică complexă cu aducțiuni gravitaționale pentru un vast teritoriu din Podișul Moldovei ce aparține județului Iași și parțial județelor Vaslui și Botoșani; în această soluție de schemă hidrotehnică complexă s-au valorificat, pe lângă importanta tradiție hidrotehnică a țării noastre și linia directoare reieșită din analiza diverselor soluții de scheme din țările amintite.

În cadrul acestei tematicii, specialiștii responsabili de probleme cu caracter hidrotehnic din economia țării, specialiștii din cele mai diverse domenii dornici de a-și lărgi orizontul documentar, ca și tinerii studenți dornici să se formeze în domeniu, precum și cadrele de răspundere în analizarea de asemenea soluții complexe, pot găsi și o serie de informații și răspunsuri la diverse probleme:

- Structuri organizatorice și tehnice care asigură o mai complexă și economică realizare și valorificare a amenajărilor hidrotehnice. Sunt de reținut formule de organisme care tratează în comun problemele: – apă – irigații – energie (ex. în China); – apă – hidroameliorații (ex. în fosta U.R.S.S.); – navigație – hidro-energie – irigații, drenaje (ex. Compania Națională a Ronului) etc.

- Etapizarea materializării planurilor de amenajare, sursele de finanțare, organizațiile de exploatare și ritmul de echipare și includere a obiectivelor și suprafețelor amenajate în circuitul economic.

- Interdependența tuturor sectoarelor interesate în dezvoltarea teritorială; zonală, națională cu privire la folosirea complexă și cu eficiență maximă a apei și a rețelelor de aducțiune și transport: energetică, irigații, alimentări cu apă, navigație, salubritate, protecția mediului etc. În acest domeniu, soluția oferită de formula Ronului este edificatoare.

- Soluții de oprire a urcării apelor sărate din lagune și mări-oceane pe albia minoră a fluviilor, concomitent cu crearea rezervelor de apă dulce pentru irigații și alte folosințe și cu asigurarea navigației (ex. pe fluviul Senegal și L'Authione).

- Gospodărirea dirijată a apelor în delte și lunci.

- Concepția amenajărilor hidrotehnice teritoriale complexe are la bază cerința satisfacerii principiului autoaprovizionării, care implică auto-gospodărirea cu asigurarea inclusiv a unor balanțe energetice favorabile (concepție prezentă în unele scheme promovate în Bulgaria, Franța, ca și în China).

- Asigurarea surselor de apă în perimetrul unităților administrativ-teritoriale, sub formă de acumulări,

derivații-interconexiuni, amplasate pe cote dominante, pentru alimentarea distribuțiilor gravitaționale pe întreg teritoriul, pentru toate folosințele și cu producere de energie (ex. acumulările dominante din jud. Huihsien – China, Baipaza – Tadjikistan, Serre Poncon – Franța etc.).

- Amenajări speciale, puțin folosite în tehnicile curente ca: acumulări subterane, prin barări sub albie (ex. pe râul Ian – China); încorsetarea râurilor și redarea în circuit a albiilor largi și pline cu piatră (ex. albia râului Hungcen-Ciu, com Lian-Țun – China).

- Concepția folosirii complexe hidrolic-agrar, energetice, pentru navigație, pentru piscicultură, pentru alimentări cu apă și canalizări, pentru prevenirea fenomenelor de inundație, eroziune și colmatare, pentru protecția mediului, pentru transformarea terenurilor degradate în terenuri agricole, pentru crearea de resurse teritoriale de apă, cu dominație gravitațională ș.a. se poate urmări și în Complexul Hidrotehnic Shaoshan – China (cap. 5). Aici se valorifică integral toate resursele locale de apă, oricât ar fi de mici: râuri, acumulări – iazuri, izvoare etc.

- Soluția folosirii cu dublu rol (desecări-irigații) a unor canale, precum și soluția folosirii apelor drenate pentru irigații și spălări (ex. în amenajările din Siangtan-Shaoshan, Golodnaia Stepî – Uzbekistan, Senegal etc.).

- Exemple de programe pentru valorificarea optimă a resurselor de teren, apă, energie, materiale etc.

- Exemple de modele reduse și matematice pentru adoptarea de soluții optime de amenajare și exploatare a unor obiective, uvraje, construcții etc.

## 1.5. CONCEPȚIA ȘI EVOLUȚIA AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN ȚARA NOASTRĂ

Anterior prezentării unor scheme hidrotehnice complexe din diverse țări, este necesar să se evidențieze că în țara noastră există o tradiție bine consolidată în domeniul hidrotehnic, amenajările fiind concepute în cadrul bazinelor hidrografice sau pe spații interbazinale.

Programele Naționale de Amenajare a Bazinelor Hidrografice, de Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor reliefează preocupările și orientările din acest domeniu.

În țara noastră, cerințele de apă însumate ale tuturor folosințelor (industrie, agricultură, populație) au cunoscut o creștere foarte rapidă, de la circa 1 miliard m<sup>3</sup> în anul 1950, la peste 20 miliarde m<sup>3</sup> după 1980. În aceste condiții, a apărut ca deosebit de acută problema

gospodăririi raționale, într-o concepție unitară și de perspectivă a resurselor de apă ale țării, prin stabilirea unui plan de largă perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice.

În acest scop, un larg colectiv de specialiști din proiectare, cercetare și învățământ, cadre din Consiliul Național al Apelor, din ministerele economice și de la consiliile județene au elaborat un program al dezvoltării amenajării bazinelor hidrografice din România.

Programul prevede un ansamblu de măsuri privind sistematizarea întregii rețele hidrografice a țării, regularizarea tuturor cursurilor de apă, controlul debitelor prin lacuri de acumulare, amenajarea rețelei de irigații, prevenirea și combaterea poluării apei și a eroziunii solului, valorificarea potențialului hidroenergetic, dezvoltarea navigației interioare, creșterea producției piscicole ca și asigurarea condițiilor pentru amenajări în vederea dezvoltării turismului și agrementului, care să permită asigurarea folosirii mai depline a resurselor de apă pentru satisfacerea cantitativă și calitativă a cerințelor de apă ale populației și ale economiei naționale, precum și apărarea localităților și terenurilor agricole împotriva inundațiilor.

Bazat pe cele mai moderne concepții de amenajare a bazinelor hidrografice, adaptate la specificul țării noastre, Programul național de amenajare a bazinelor hidrografice prevede următoarele linii directoare:

- amenajarea, într-o concepție unitară, a tuturor bazinelor hidrografice din țară, pentru folosirea complexă a surselor de apă și asigurarea tuturor folosințelor în pas cu dezvoltarea economico-socială a țării;

- realizarea unor lacuri de acumulare în fiecare bazin hidrografic, cu prioritate în zona montană, ca rezerve de apă pentru redistribuirea debitelor, în vederea satisfacerii cerințelor, în tot cursul anului, concomitent cu producerea de energie electrică;

- conjugarea lucrărilor de acumulare în vederea atenuării viiturilor cu lucrări de regularizare și îndiguire a cursurilor de apă, pentru apărarea de inundații a localităților și terenurilor agricole;

- realizarea conjugată a lucrărilor necesare de combatere a eroziunii solului și de corectare a torențelor, pentru protecția împotriva colmatării lacurilor de acumulare și a cursurilor de apă;

- conjugarea lucrărilor de amenajare a cursurilor de apă cu lucrările de desecare și de combatere a excesului de umiditate din zonele limitrofe, precum și cu lucrările de irigații.

Elaborarea vastului program de amenajare a bazinelor hidrografice materializează și o tradiție bogată existentă în acest domeniu în țara noastră, începând cu primele amenajări rustice cunoscute din trecutul istoric – ca mori, pive, joagăre sau iazuri și eleștee pentru creșterea peștilor – și terminând cu proiecte ingineresti

elaborate și realizate de unii înaintași iluștri.

Începând cu anii 1920-1935, au fost făcute și primele propuneri de amenajare a unor bazine hidrografice, ca rezultat al preocupărilor entuziaste ale primilor ingineri hidrotehnicieni români. Aceste propuneri de amenajare aveau în vedere, în cea mai mare parte, dezvoltarea irigațiilor în zonele secetoase, utilizarea potențialului hidroenergetic sau crearea de căi navigabile pe râurile interioare. Totodată, necesitățile de apărare împotriva inundațiilor și de asanare a unor zone insalubre orășenești – printre care și zona capitalei – au impus găsirea unor soluții radicale de amenajare.

Meritul deosebit al acestor înaintași ai hidrotehnicii românești constă, pe de o parte, în faptul că au scos în evidență unele posibilități de valorificare a resurselor de apă ale țării, iar, pe de altă parte, că au pus bazele școlii românești de amenajare și utilizare a resurselor de apă.

Trecerea la studierea pe plan național a problemei amenajării complexe a bazinelor hidrografice a fost posibilă numai în anii de după eliberare, când, din inițiativa conducerii de partid și de stat și mergându-se pe cele mai noi principii de amenajare, cu sprijinul material direct acordat de stat, a fost începută, o dată cu elaborarea primului plan de electrificare a țării în anul 1950, acțiunea de analiză sistematică, pe baze noi, a posibilităților de utilizare a resurselor de apă, elaborându-se, pentru unele zone ale țării, primele scheme de amenajare complexă. Această acțiune a fost încheiată pe ansamblul țării și într-o primă formă, în anii 1959-1963, prin elaborarea planurilor de amenajare pe bazine hidrografice și a sintezei acestor propuneri într-un plan general de amenajare pe întreaga țară.

Având în vedere perioada de început a dezvoltării amenajării bazinelor hidrografice, planurile de amenajare din anii 1959-1963 au urmărit soluționarea cu prioritate a celor mai urgente și grave probleme legate de primele lucrări de amenajare a bazinelor hidrografice (lacuri de acumulare, derivații, lucrări anti-erozionale, irigații, amenajări hidroenergetice etc.), a căror realizare o impuneau nevoile mereu crescânde ale economiei naționale, stabilind totodată și cadrul general, de perspectivă, pentru amenajarea integrală a bazinelor hidrografice, în vederea utilizării în totalitate a potențialelor de dezvoltare a folosințelor de apă (alimentări cu apă pentru populație și industrie, amenajări hidroenergetice, irigații, desecări, lucrări pentru combaterea eroziunii solului și a torențialității, amenajări piscicole, navigație și agrement).

Prin planurile de amenajare s-au definit și principalele direcții de dezvoltare și adâncire a gradului de cunoaștere a posibilităților de amenajare:

- cunoașterea cât mai exactă și completă a resurselor de apă disponibile, atât din rețeaua de supra-

față cât și din subteran, prin dezvoltarea unei rețele naționale de măsurători sistematice, cu asigurarea prelucrării și stocării acestora pe baza tehnicilor moderne;

- identificarea și inventarierea zonelor afectate de fenomenele distructive ale apelor (inundații, exces de umiditate, eroziunea solului sau formațiuni torențiale), în vederea precizării ansamblului de lucrări necesare readucerii în circuitul productiv, la randamente superioare, a acestor suprafețe;

- inventarierea posibilităților de control al scurgerii prin lacuri de acumulare, preconizate atât pentru mărirea debitelor minime pe râuri în perioadele secetoase, cât și pentru reducerea debitelor care produc inundațiile catastrofale;

- corelat cu gradul de disponibilitate a resurselor de apă și cu distribuția cerințelor, au fost analizate și propuse soluții de transferuri de debite între cursurile de apă de la râurile bogate în apă spre interfluviile mari, mai sărace în resurse de apă;

- funcție de dezvoltarea economică și creșterea gradului de industrializare și urbanizare, care duce implicit și la o concentrare a surselor potențiale de poluare, au fost analizate problemele legate de protecția calității apelor, în vederea asigurării unei calități corespunzătoare a apei pe râuri, care să permită și utilizarea succesivă a apei de către consumatorii amplasați în lungul râului;

- inventarierea posibilităților de dezvoltare a lucrărilor de irigații în zonele secetoase ale țării;

- inventarierea potențialului hidroenergetic și selecționarea lucrărilor eficiente, tehnic și economic, în vederea asigurării unei amenajări progresive a întregului potențial hidroenergetic al râurilor interioare și al Dunării.

După încheierea lor, în anul 1963, planurile de amenajare pe bazine hidrografice au constituit timp de peste 10 ani reperele principale pentru selecționarea celor mai eficiente lucrări de amenajare propuse și realizate în cincinalele 1966-1970 și 1971-1975.

Necesitățile corelării mai riguroase, într-un cadru general, de perspectivă, a propunerilor de lucrări, au impus actualizarea schemelor de amenajare preconizate în planurile de amenajare, elaborându-se în acest scop schemele cadru de amenajare a bazinelor hidrografice, ansamblul propunerilor de dezvoltare a amenajărilor fiind sintetizate în „Programul național de perspectivă de amenajare a bazinelor hidrografice din România” – menționat anterior.

În vederea realizării lucrărilor de îmbunătățiri funciare, corelate cu cele din Programul național pentru amenajarea bazinelor hidrografice, în anul 1983 s-a adoptat „Programul național pentru asigurarea unor producții agricole sigure și stabile, prin creșterea potențialului productiv al pământului, mai buna organi-

zare și folosire în mod unitar a terenurilor agricole, a întregii suprafețe a țării, realizarea irigațiilor pe circa 55-60% din suprafața arabilă, a lucrărilor de desecări și combatere a eroziunii solului”.

Propunerile din acest Program iau în considerare dezvoltarea irigațiilor pe o suprafață de 5,5 milioane ha, realizarea de lucrări de desecare pe 5,33 milioane ha și executarea de lucrări de combatere a eroziunii solului pe 5,3 milioane ha. Corelat cu aceste lucrări hidroameliorative și în special cu extinderea irigațiilor, în program se propune realizarea unui ansamblu de lucrări de gospodărirea apelor, respectiv lacuri de acumulare și canale magistrale. Rolul canalelor magistrale este de a asigura transferul debitelor de la surse spre zonele secetoase, lipsite de resurse proprii de apă. Printre aceste magistrale pentru irigații sunt de menționat derivațiile Siret – Jijia, Siret – Bahlui, canalul Siret – Bărăgan, derivația Olt – Vedea – Neajlov și derivația Someș – Crasna – Ier.

S-au precizat și direcțiile generale de dezvoltare a lucrărilor hidroameliorative până în anul 2000, stabilindu-se încheierea lucrărilor de punere în valoare a terenurilor agricole prin executarea tuturor lucrărilor de îndepărtare a excesului de umiditate și de combatere a eroziunii solului, precum și extinderea irigațiilor la un nivel de perspectivă de 6,5-7 milioane ha.

Punerea în practică a prevederilor Programului național pentru amenajarea bazinelor hidrografice a dus la realizarea, în această perioadă, a numeroase amenajări, dintre care se menționează:

- lacuri de acumulare cu folosințe complexe sau preponderent energetice, având volume relativ mari și asigurând un control corespunzător al scurgerii pe râurile respective, cum sunt lacurile Izvorul Muntelui (Bicaz) pe râul Bistrița, Vidraru pe râul Argeș, Vidra pe râul Lotru, Mărișelul pe râul Someșul Cald, Stânca Costești pe râul Prut, Colibița pe Bistrița, Gura Apelor pe Râul Mare și altele;

- lucrări pentru apărarea de inundații a principalelor localități din țară, realizate atât prin îndiguiri și regularizări de albie cât și prin atenuarea viiturilor în lacuri de acumulare sau incinte de atenuare, cum sunt Vânători și Zetea pe Târnava Mare, Bălăușeri pe Târnava Mică, Vârșolt pe râul Crasna, Andrid pe valea Ierului, Podul Iloaiei, Cucuteni, Tansa și altele din bazinul hidrografic Bahlui, Mărăcineni pe Râul Doamnei, Văcărești pe Dâmbovița și altele;

- amenajări pentru alimentarea cu apă a localităților și a industriilor, prin utilizarea debitelor regularizate în lacuri de acumulare, dintre care mai importante pot fi amintite: Strâmtori pe Firiza, Cerna (Valea lui Iovan) pe râul Cerna, Pecineagu pe Dâmbovița, Săcele pe Târlung, Leșu pe valea Iadei, Surduc pe valea Gladna, Gura Râului pe râul Cîmbin, Paltinu pe valea Doftanei, Dragomirna pe râul Dâmbovița și altele;

- amenajări hidroenergetice importante cum sunt cele de pe Bistrița, Argeș, Olt, Sebeș, Râul Mare, Someșul Mic sau cele de pe Dunăre la Porțile de Fier I și II, ajungându-se în prezent la amenajarea a 42% din potențialul hidroenergetic al țării;

- canalul navigabil Dunăre – Marea Neagră, lucrare hidrotehnică complexă de mari proporții;

- îndiguiri și regularizări de albie, permițând scoaterea de sub influența inundațiilor a peste 50% din suprafața inundabilă, cu punerea în valoare a importante suprafețe agricole, în special în Lunca Dunării și pe cursul inferior al principalelor râuri;

- asigurarea surselor de apă pentru irigarea unor suprafețe importante de terenuri agricole și pregătirea în continuare a condițiilor pentru satisfacerea necesităților de irigare propuse pentru etapele viitoare.

Ritmul rapid de dezvoltare a amenajărilor complexe în bazine hidrografice a făcut ca, în prezent, să existe numeroase lucrări de acest tip în majoritatea zonelor țării. Astfel, volumul total al lacurilor de acumulare existente a crescut de la 1,6 miliarde m<sup>3</sup> în 1965 la circa 9 miliarde m<sup>3</sup>, iar suprafața de teren scoasă de sub inundații, ca rezultat al efectului combinat al lacurilor de acumulare și al lucrărilor de îndiguiri și regularizări de albie a crescut de la 0,86 milioane ha, în 1965, la circa 1,68 milioane ha. Amenajarea potențialului hidroenergetic a fost făcută de asemenea într-un ritm susținut, producția medie de energie în centralele hidroelectrice existente crescând de la 1,18 miliarde kWh în anul 1965 la 16,7 miliarde kWh.

Lucrarea de față își propune să ofere tinerilor proiectanți și celor ce se pregătesc să lucreze în domeniile folosințelor de apă, al amenajărilor hidrotehnice, un material documentar asupra modalităților de abordare și realizare a unor scheme complexe de amenajare și utilizare a surselor de apă din diferite țări, ca experiențe și modele de referință utile practicii ingineresti.



# SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN BULGARIA

Aplicarea schemelor hidrotehnice complexe a intrat în faza de generalizare în Bulgaria încă din 1970. Acestea sunt axate pe producerea de energie electrică, irigații, regularizări și alimentări cu apă.

Prezentarea celor mai reprezentative scheme, cu concepțiile și soluțiile adoptate, impune în primul rând o cunoaștere a condițiilor ce au facilitat aceste soluții.

Condițiile naturale, în special cele orografice și hidrografice, și cerințele agroeconomice au permis dezvoltarea în zona de sud a țării a unor mari complexe de scheme hidrotehnice. Concepția și structura acestor scheme pot oferi un important material documentar pentru un studiu cu acest profil.

## 2.1. ASPECTE CARACTERISTICE ALE TERITORIULUI BULGARIEI VALORIFICATE ÎN SCHEMELE HIDROTEHNICE COMPLEXE

### 2.1.1. RELIEFUL BULGARIEI

Bulgaria, cu o suprafață de 110.928 km<sup>2</sup>, are un relief variat, cu altitudinea medie de 470 m; predomină câmpiile și regiunile deluroase (77,8%), restul suprafeței ocupându-l munții (fig. 2.1). Suprafața arabilă este estimată la 47.908,9 km<sup>2</sup> (43,1% din totalul suprafeței țării), pădurile ocupă 34.760,2 km<sup>2</sup> (31,1%), iar alte terenuri 28.320,9 km<sup>2</sup> (25,8%).

Principalul lanț de munți, Stara-Planina sau Balcanii, se întinde pe circa 600 km, între valea râului Timok și până la Marea Neagră, divizând Bulgaria în două părți aproape egale. Acest lanț central de munți (înălțime maximă 2.376 m – vârful Botev) constituie și o graniță climaterică a Bulgariei: spre nord Câmpia Dunării (31.523 km<sup>2</sup>) cu climă mai aspră, continentală, și spre sud, depresiunea tracică, cu climat blând – mediteranean.

În munții Stara-Planina se află izvoarele râurilor care-și trimit apele în trei direcții – spre Dunăre, spre Marea Neagră și spre Marea Egee, prin cursul principal Marița. Pe aceste râuri sunt construite o serie de cascade hidroenergetice asamblate prin scheme complexe hidrotehnice, valorificând astfel energia și calitatea apelor până la vărsare, pentru industrie, electrificare, irigații. Cele trei mari noduri hidroenergetice sunt reprezentative: Petrohan, Georgi Dimitrov, Alexandăr Stamboliiski.

La nord de principalul lanț muntos se întinde zona deluroasă pre-balcanică, brăzdată adânc de râurile Ogosta, Iskăr, Iantra și altele.

La sud de Stara-Planina și paralel, se întinde un alt lanț muntos, Sredna-Gora, cu altitudine mică, vârful Bogdan fiind cel mai înalt punct (1604 m).

Partea sudică a Bulgariei este ocupată de masivul Rila-Rodope (22.772 km<sup>2</sup>); ca altitudine, Rila întrece toți munții Peninsulei Balcanice; vârful Musula (2.925 m) este cel mai înalt din sud-estul Europei. Muntele Rila (denumire tracică – Rila – munte bogat în ape), cea mai bogată zonă în precipitații din Bulgaria, adăpostește peste 150 lacuri, fiind sediul izvoarelor celor mai mari râuri: Marița, Iskăr, Mestra, Arda, Vucea, utilizate în producerea energiei electrice, irigații, alimentări cu apă și aducțiuni.

La sud de Rila se înalță munții Pirin (cu vârful Vihrem – 2.915 m), iar suprafața dintre râurile Marița, Mestra și câmpia de-a lungul țărmului nordic al Mării Egee este ocupată de munții Rodope, cei mai întinși munți din Bulgaria și din întreaga Peninsulă Balcanică.

Munții Rodope (vârful Goleam-Perelic, 2.191 m) reprezintă o altă barieră climaterică, ce apără depresiunea egeică de vânturile din nord și protejează Câmpia tracică (6.032 km<sup>2</sup>) de accesul liber al vânturilor calde.

### 2.1.2. SURSELE DE APĂ ALE BULGARIEI

Teritoriul țării este bogat în râuri, izvoare și lacuri montane, dar cu debite și volume mici de apă, pentru că precipitațiile (650 mm – medie anuală) au o repartiție neuniformă (cu veri secetoase – secetele având o frecvență de 4-9 ori, pe perioade de 10 ani), iar climatul este continental – temperat (mai pronunțat în nord), în cea mai mare parte a țării. În câmpii, precipitațiile variază între 400 și 600 mm pe an.

*Marea Neagră* scaldă Bulgaria pe o lungime de 378 km; litoralul, cu numeroase golfuri, peninsule și promontorii, este întrerupt prin gurile de vărsare a numeroase râuri: Kamcia, Fakiiska, Ropotama, Veleka.

*Fluviul Dunărea* – frontiera de nord – scaldă, de asemenea, teritoriul Bulgariei pe o lungime de 471 km.

*Râurile interioare*, destul de numeroase, sunt în general scurte, cu debite mici și foarte variabile. Toate râurile Bulgariei se varsă în Dunăre, Marea Neagră sau Marea Egee; cele mai importante – Marița, Iskăr și Mestra – își au izvoarele în masivul Rila-Rodope.

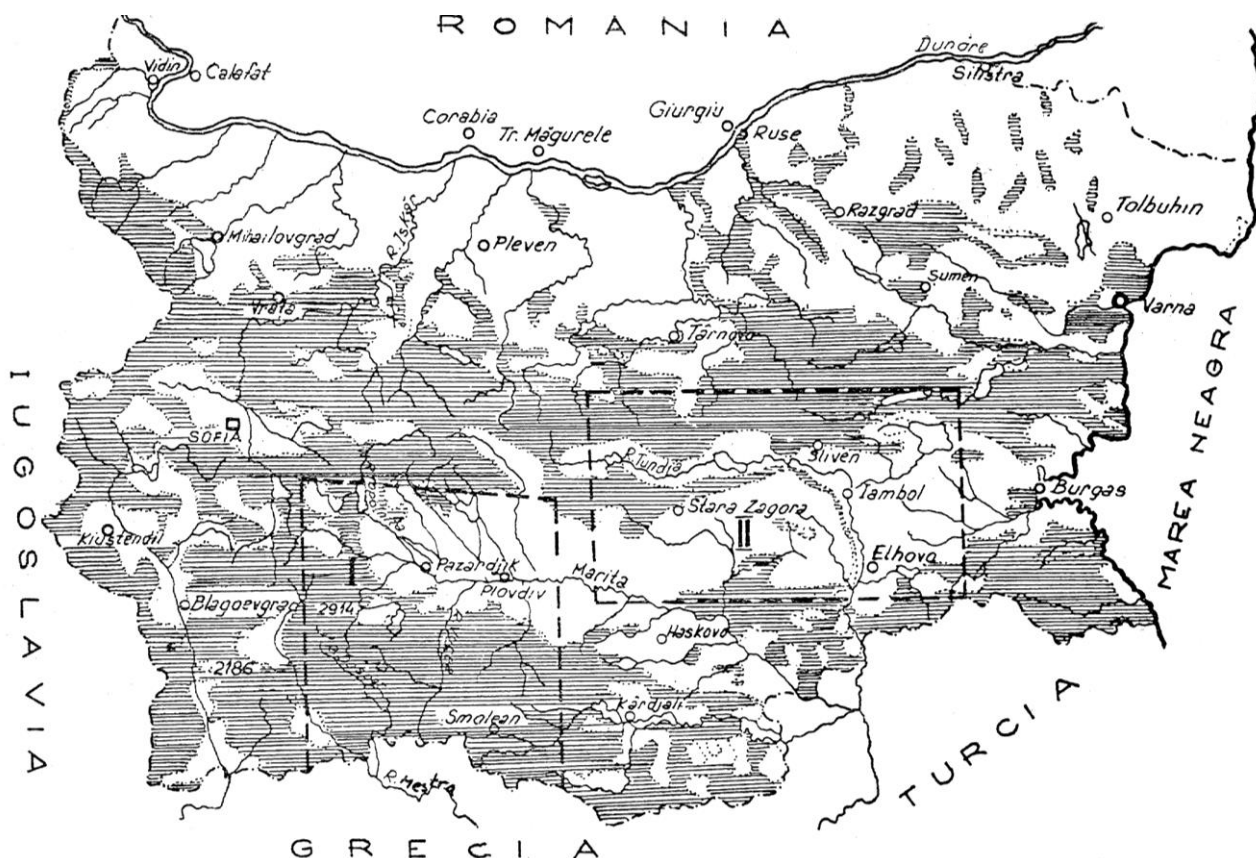


Fig. 2.1. Bulgaria: Schematizarea delimitării Complexelor hidrotehnice: I – Plovdiv-Pazardjik; II – Tundja.

Pe majoritatea râurilor interioare au fost construite lacuri de acumulare – amenajări hidroenergetice și de irigații, realizându-se concomitent și regularizarea scurgerii în bazinele hidrografice proprii sau prin transferuri între bazine. Sunt realizate astfel: nodul hidrotehnic Batak, care cuprinde și acumulările Vasil Koralov, Toscov, Batak și altele mai mici; Iskăr, pe râul Iskăr, între Samokov și Sofia; Georgi Dimitrov, pe râul Tundja, lângă Kazanlâk; Topolnița pe râul Topolnița, amonte de Pazardjik; Studena, pe râul Struma, în apropiere de Pernik; Beli Iskăr pe râul Iskăr, în munții Rila; Studen Kladenet, Kărdjali și Inailovgrad pe râul Arda; Alexandăr Stamboliiski, pe Roșița; Zrebcevo, pe cursul mijlociu al râului Tundja. La aceste acumulări, de importanță națională, care reprezintă originea schemelor hidrotehnice pentru hidroenergetică, irigații, regularizări, se mai adaugă alte sute de mici acumulări – bazine de apă de importanță locală, pentru irigații și piscicultură.

Râurile constituie o importantă bogăție a țării și sunt alimentate în principal din precipitații. Lacurile naturale, deși numeroase, sunt de importanță secundară sub acest raport.

Râurile care se varsă în Marea Neagră sunt cele mai scurte și au volume mici de apă; cele ce merg în Marea Egee sunt mai lungi, cu debite mai mari și mai constante.

Scurgerea anuală medie a râurilor interioare se ridică la 19,4 miliarde  $m^3$ , în ordine fiind: Marița cu 16,8% din scurgerea generală, Struma, cu 13,1% și Arda cu 12,2%.

Din cele 496 râuri (mari și mici) ale Bulgariei, 178 seacă periodic câte 1-4 luni în timpul verii, când cerințele de apă sunt maxime.

Resursele principale de apă (82%) fiind concentrate în munți, situați la distanță de terenurile irigabile, a rezultat ca firească soluția acumulărilor, a cascadeelor hidroenergetice, a aducțiunilor și a irigațiilor.

Numărul izvoarelor carstice este mare; se citează cele mai importante: acela al Iskăr-ului cu debit de 2-12  $m^3/s$ ; cel al Dvinei – cu debit mediu de 3  $m^3/s$ .

Prospecțiunile indicau în 1972, ca rezerve subterane, circa 3.000 milioane  $m^3$  pe an, utilizabile în special pentru alimentări cu apă și mai puțin pentru irigații.

### 2.1.3. SITUAȚIA GENERALĂ A VALORIFICĂRII APELOR ÎN BULGARIA

#### 2.1.3.1. Acumulări cu folosințe multiple și unilaterale

Scurgerile maxime, pe râurile Bulgariei, sunt înregistrate în perioadele de primăvară și toamnă, iar

cele minime în timpul verii. Această situație a condus la realizarea unui mare număr de acumulări, cu folosințe complexe.

Printre cele mai mari baraje din materiale locale se pot enumera Iskăr, Zrebcevo (cu un volum al corpului barajului de 1,6 milioane  $m^3$  și cu o capacitate de acumulare de 400 milioane  $m^3$ ), Tzonévo (cu un volum de 4 milioane  $m^3$  și cu o capacitate de 330 milioane  $m^3$ ), Mihailovgrad (cu un volum de 3,82 milioane  $m^3$  și o capacitate de 500 milioane  $m^3$ ).

În anul 1972, 85 de baraje pentru irigații aveau înălțimea de peste 20 m, iar 29 baraje aveau capacități de acumulare de peste 5 milioane  $m^3$ ; 20 baraje se înscriseră în categoria celor foarte mari, din pământ. Circa 400 baraje de importanță locală erau din pământ, cu dimensiuni medii: cu înălțimi peste 15 m, cu volume de terasamente până la 300 mii  $m^3$  și cu capacități de retenție până la 5 milioane  $m^3$ . Baraje de dimensiuni mici, cu înălțimi sub 15 m, erau numeroase (peste 1.500) și aparțineau fermelor cooperatiste. Erau ferme care aveau și peste 10 baraje.

### 2.1.3.2. Irigații – drenaje – regularizări

Irigațiile, principalul consumator al apei amenajărilor complexe, acopereau în anul 1944 numai 1% (respectiv 35.700 ha) din totalul suprafeței arabile, iar în anul 1970, peste un milion ha, adică 21% din totalul suprafeței arabile. Din totalul suprafeței irigate, circa 2/3 erau cuprinse în sisteme mari, naționale. Pe surse de apă, suprafața irigată se situa (1970): 531.315 ha sau 53% cu ape din retențiile barajelor; 430.500 ha sau 43%, cu ape din râuri și Dunăre și 45.500 ha sau 4%, cu ape din pânze freatice.

Metoda de irigație dominantă în sistemele construite până în 1972 era cea prin scurgere gravitațională; prin aspersiune erau irigate 18,2%. Prin dezvoltarea industriei și a bazei tehnico-materiale, aspersiunea a început să capete un rol din ce în ce mai mare, cu tendință de trecere spre sisteme fixe, perfecționate, alimentare gravitațională și de tip anonsabil cu comenzi automate. În paralel, și tehnica udării de suprafață – prin brazde lungi – a înregistrat progrese substanțiale, odată cu creșterea randamentului sistemelor pe seama impermeabilizării canalelor, distribuției apei prin conducte flexibile, apometriei și automatizării etc.

Planurile de dezvoltare a amenajărilor de irigații prevăd extinderea suprafețelor amenajate până la 3,4 milioane ha (80% din totalul irigabil) în anul 1990, folosind ambele tehnici de aducțiune a apei (gravitațional sau prin pompare), conform fig. 2.2.

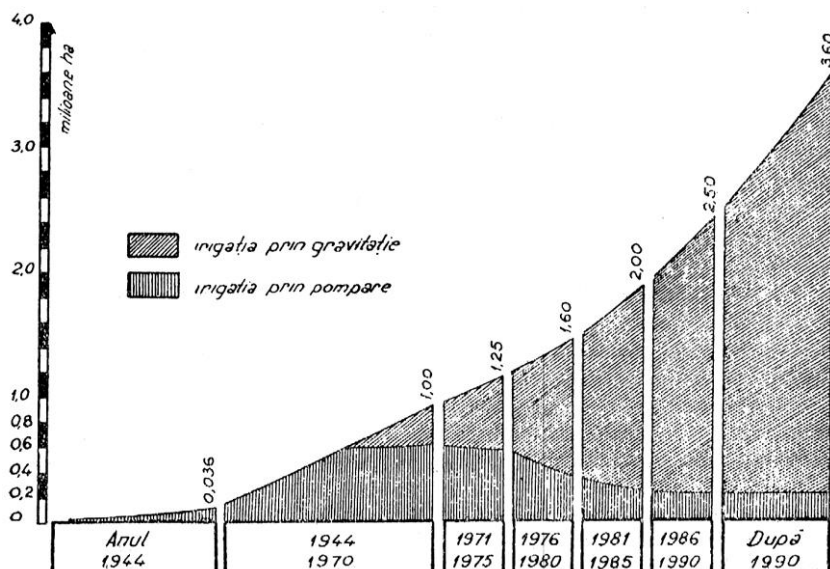


Fig. 2.2. Creșterea suprafețelor irigate.

Prevederile acestor planuri includ și măsurile de automatizare a aducțiunilor, distribuțiilor, udărilor și pompărilor cu valorificarea energiei obținută local, în cadrul schemelor hidrotehnice complexe.

Pentru ridicarea apei pe terenurile înalte și accidentate au fost construite peste 2.400 stații de pompare cu o capacitate globală instalată de 370.000 kW și un debit de 680  $m^3/s$ , din care 430 sunt încadrate în sistemele mari, naționale. Stațiile de pompare ridică apa fie din surse directe (râuri), fie din rețelele de irigații gravitaționale. Un număr important de stații de pompare ridică apa din acumulări și din apele subterane. Prin creșterea suprafețelor irigate prin aspersiune a crescut și numărul stațiilor de pompare locale.

Lucrărilor de regularizări de râuri, drenaje, combaterea eroziunii, li se acordă importanță deosebită, atât în cadrul schemelor hidrotehnice complexe, cât și ca amenajări locale.

Din totalul de 4.142 km albie de râuri ce necesită regularizări, erau amenajate în 1972 peste 1.820 km, iar din totalul suprafeței de 206.978 ha ce reclamau drenaje, 120.930 ha erau drenate la aceeași dată.

Regularizările cele mai importante au fost realizate pe râurile ce se descarcă în Marea Neagră.

Pentru protejarea și drenarea terenurilor joase din lungul Dunării (64.700 ha), au fost construite 218 km diguri, 808 km canale de desecare și 27 stații de pompare. În interiorul țării au fost drenate 49.000 ha, iar de-a lungul litoralului Mării Negre încă 7.200 ha.

Prin studiile și proiectele ce se elaborează, se urmărește coborârea și menținerea unui nivel freatic între 1,7 și 2,5 m sub suprafața terenului, nivel optim condițiilor din zonele joase ale Bulgariei. În etapa 1979-1980 a început extinderea drenajului vertical prin puturi, în zona luncii Dunării, la Vidin (fig. 2.3).

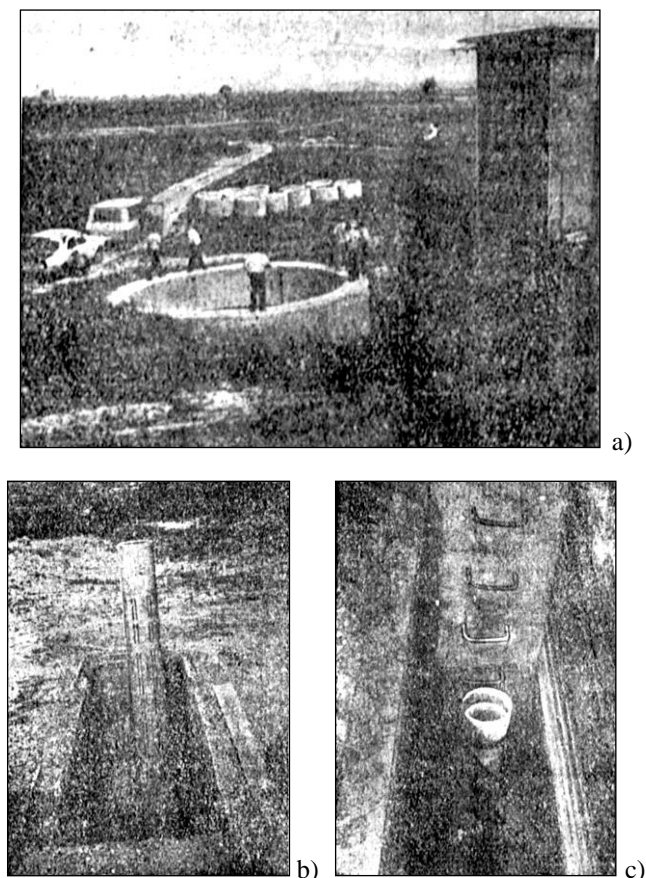


Fig. 2.3. Drenajul vertical din zona Dunăre – Vidin:  
a) vedere generală; b, c – detalii.

## 2.2. EXEMPLE SPECIFICE DE SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN BULGARIA

În scopul valorificării maxime a resurselor hidraulice, a fondului funciar, pentru obținerea de energie hidroelectrică și alimentarea cu apă a agriculturii, industriei și centrelor populate, s-au realizat mari complexe hidrotehnice: Complexul Plovdiv-Pazardjik, Complexul Tundja, Complexul Kamtchia, Canalul magistral al Bulgariei de Sud, Complexul Danubian etc. Dintre acestea, în cele ce urmează se vor prezenta două complexe: Plovdiv-Pazardjik și Tundja, care oferă soluții interesante de amenajare a terenurilor situate în zone colinare, de dealuri și munți (fig. 2.1 – zonele I și II).

*Complexul hidrotehnic Plovdiv – Pazardjik* (I) reprezintă un exemplu de captare a apelor din zonele cele mai înalte – montane, de la altitudini de circa 2.000 metri, pentru a le transporta prin cascade hidroenergetice până în zona de folosire totală – câmpia și terasele – prin canale, tunele, sifoane, de sute de km lungime.

*Complexul Tundja* (II) reprezintă un exemplu de valorificare complexă a apelor din zone colinare și de câmpie.

Ambele având comună schema hidrotehnică cu folosințe complexe și având diferențiat modul de captare al apei, vor fi prezentate în cele ce urmează.

### 2.2.1. SCHEMA COMPLEXULUI HIDROTEHNIC PLOVDIV – PAZARDJIK

În acest complex hidrotehnic se va putea urmări o soluție de gospodărire intensivă a apelor din zonele montane, de dealuri, locale și limitrofe, prin acumulări, colectări, transferuri, derivații, în scop hidroenergetic, pentru irigații, alimentări cu apă și înlăturarea pagubelor produse de inundații.

Suprafața aflată sub influența acestui complex hidrotehnic depășește 300.000 ha, ocupând cea mai fertilă zonă a Bulgariei – Câmpia Tracă, zona sa vestică – situată de o parte și de alta a fluviului Marița. În Câmpia Tracă se obțin cele mai mari producții de legume, fructe, struguri, plante tehnice și oleaginoase, orez, tutun, bumbac, care asigură 11% din totalul producției agricole; aceasta este și cea mai populată zonă a țării. Limitele acestui teritoriu fertil sunt marcate la sud, vest și nord de masivele muntoase Rila și Rodope, Sredna-Gora și Stara-Planina, din care pornesc râurile care o străbat, fluviul Marița fiind cel mai important. Bazinul său de recepție, de 21.084 km<sup>2</sup>, reprezintă 1/5 din teritoriul țării; debitul mediu al fluviului Marița este de 108 m<sup>3</sup>/s.

Teritoriul Complexului Plovdiv-Pazardjik (fig. 2.4) cuprinde luncile și terasele fluviului Marița și afluenților, precum și ai râului Mestra.

Terasa fluviului Marița, în suprafață de 2.093 km<sup>2</sup>, se caracterizează printr-un important depozit de aluviuni, care în zona Pazardjik atinge o grosime de 50 m. Nivelul apelor freatice variază între 1 și 3 m, producând în zonele joase adevărate mlaștini. Până în 1972 erau asanate peste 38.000 ha.

Întregul teritoriu este limitat și dominat de surse de apă create prin acumulări în zone înalte, rezultat al captărilor, derivațiilor și transferurilor între bazine hidrografice limitrofe.

Sectorul N și N-V al complexului este dominat de rețeaua de acumulări și derivații Topolnita – Lessichevo – Piasăcinik – Stryama.

Sectorul S-V este dominat de cascada de acumulări hidroenergetice Belmeken – Sestrimo.

Sectorul S-SE este dominat de cascadele de acumulări hidroenergetice Vasil Koralov – Batak – Aleko și Dospat – Vucea.

Terenurile amenajate pentru irigații înscriu cifre considerabile: 297.900 ha, organizate în 20 mari sisteme de irigații, dispunând de 262 stații de pompare anterioare, totalizând un debit de 54 m<sup>3</sup>/s și 295 mici

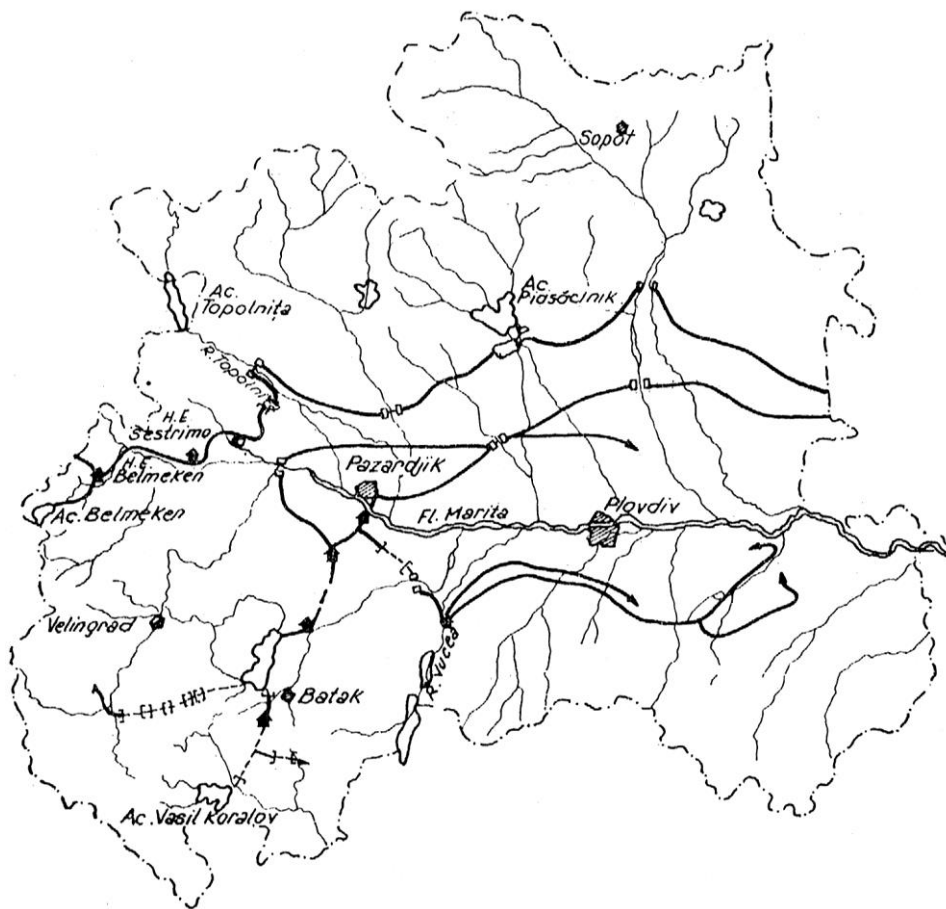


Fig. 2.4. Schema complexului hidrotehnic Plovdiv-Pazardjik.

acumulări interioare, cu un total de 769 milioane  $m^3$  apă. Planurile de dezvoltare prevedeau construirea unei alte serii de acumulări și compensări la nivel de peste 1 miliard  $m^3$  apă.

Schema hidrotehnică a complexului, cu interconexiunile bazinale, realizate prin cascadele hidroenergetice amintite, permite utilizarea complexă a apelor și echipamentelor pentru producerea de energie electrică, aducțiuni, irigații și alimentări cu apă. Concomitent, este rezolvată și problema prevenirii fenomenelor de degradare și poluare a teritoriului și de inundații.

Deși fluviul Marița străbate central și longitudinal vastul teritoriu al complexului hidrotehnic Plovdiv – Pazardjik, sursa principală de apă pentru irigații, ca și pentru restul folosințelor, o constituie salba hidroenergetică Topolnita – Piasăcinik, Belmeken – Sestrimo, Batak – Aleko și Dospat – Vucea, amplasate pe afluenții fluviului Marița și Mesta, cu interconexiunile acestora. Teritoriul irigat, încadrat în 20 mari sisteme, amplasate de o parte și alta a fluviului Marița, valorifică apele complexelor hidroenergetice situate chiar pe versantul opus amplasamentului acestora. În această privință, Sistemul Topolnita, care este și cel mai mare, poate constitui exemplu din punct de vedere al interconexiunilor complexe.

### 2.2.1.1. Sistemul Topolnita

Situat pe stânga fluviului Marița, este cel mai mare din acest complex hidrotehnic, având o suprafață de 64.200 ha, irigate prin aducțiuni gravitaționale (fig. 2.5).

Principalele surse de apă ale sistemului sunt: acumulările Topolnita – Piasăcinik cu interconexiunea respectivă, cascada hidroenergetică Batak – Aleko și cascada hidroenergetică Belmeken – Sestrimo.

Sunt utilizate de asemenea apele fluviului Marița și ale afluenților, apele subterane și ale acumulărilor locale.

În schița din figura 2.5 sunt delimitate suprafețele alimentate din diversele surse, ieșind în relief importanța transferurilor și interconexiunilor între rețelele hidrotehnice.

Cea mai importantă sursă de apă este însă acumularea Topolnita, realizată în anul 1961 pe râul Topolnita, și care asigură aproximativ 50% din volumul necesar de apă.

Barajul Topolnita este din beton (fig. 2.6); are înălțimea de 76 m, lungimea de 340 m, este compus din 26 blocuri, separate la intervale de 13 m prin rosturi de dilatație și are un volum de 350.000  $m^3$ . Volumul de apă reținut în acumulare este de 137 milioane  $m^3$ .

Deversoarele sunt echipate cu clapete metalice ( $h = 5$  m;  $b = 10,5$  m). Golirea se face prin două conducte ( $\varnothing = 1.400$  mm) prevăzute cu vane.

Apa acumulată este folosită la irigații, după uzinarea în centrala hidroelectrică Topolnita (fig. 2.7), a cărei putere instalată este de 9.000 kW.

Canalul magistral al sistemului pornește la 15 km aval de centrala hidroelectrică Topolnita, de la barajul submersibil Lessichevo (fig. 2.8), cu un debit de 18  $m^3/s$ . După un parcurs de circa 100 km, canalul se descarcă în rezervorul de compensare Piasăcinik.

Centrul de priză Lessichevo are de asemenea un rol complex: reglare de debite și volume de apă, hidroenergetică, derivație pentru irigații și alte folosințe. Barajul din beton are o înălțime de 8 m și o lungime de 85 m, cuprinzând 3 vane segment (cu lungime de 14 m fiecare și înălțime de 4 m) și o deschidere de spălare de 6 metri.

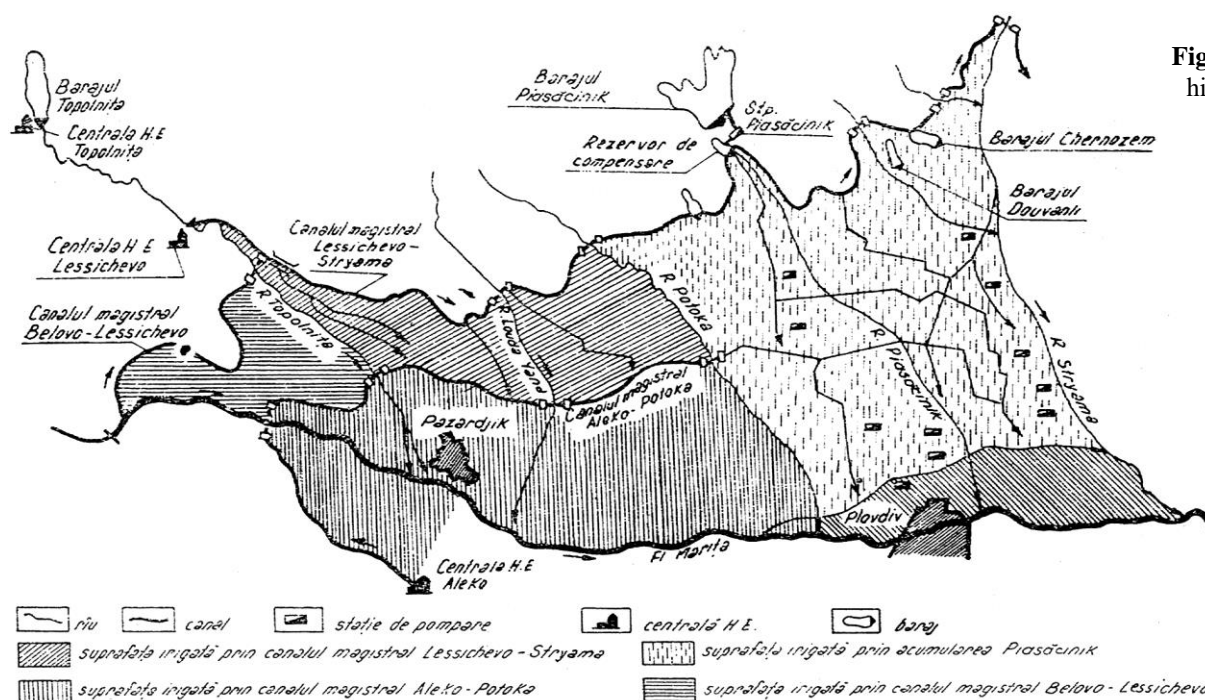


Fig. 2.5. Schema hidrotehnică a Sistemului Topolnitsa.

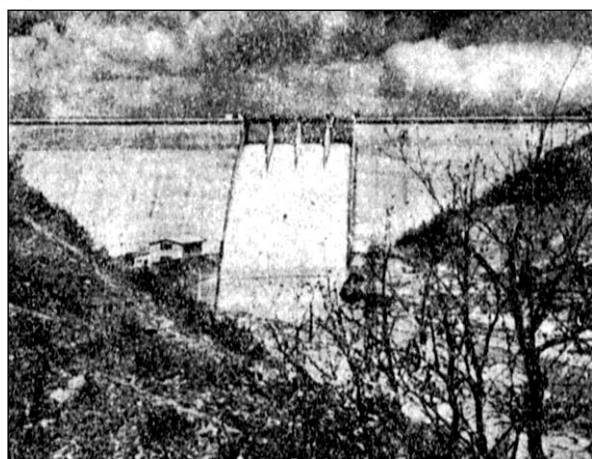


Fig. 2.6. Barajul Topolnitsa – vedere.

Barajul (care formează un rezervor pe râul Topolnitsa) permite descărcarea debitului de viitură al râului Topolnitsa de  $900 \text{ m}^3/\text{s}$  (cu asigurare de 0,1%), precum și utilizarea unui volum de apă de circa  $110.000 \text{ m}^3$ , ca bazin de compensare, la stația hidroelectrică din avalul barajului.

Canalul magistral Lessichevo-Stryama pornește din acest centru de priză printr-o deschidere de 14 m, cu 3 vane. Pe traseul său, canalul numără peste 200 construcții, lucrări de artă, de diferite roluri și forme: sifoane, poduri-canale, baraje, distribuitoare, stații de pompare etc.

Din rezervorul de compensare Piasăcinik (care are volumul  $V = 1,5$  milioane  $\text{m}^3$ ), apa este pompată ( $P_i = 10.000 \text{ kW}$ ) în lacul de acumulare cu același nume, al cărui baraj din pământ (fig. 2.9) are o înălțime de 43 m, pentru o acumulare de 211 milioane  $\text{m}^3$ . Lacul Piasăcinik, a doua mare sursă de apă a sistemului Topolnitsa, având posibilități de înmagazinare superioare volumelor de apă revenite de pe versanții bazinului hidrografic propriu, servește ca acumulator al apelor scurse iarna de la cascada hidroelectrică Sestrimo, situată pe versantul opus (dreapta) al fluviului Marița. Construirea barajului Piasăcinik s-a realizat în trei etape. După etapa a treia, fiind construite și bazinul de compensare Belovo-Lessichevo, apele cascadei hidroelectrice și de compensare Belmeken-Sestrimo-Belovo au fost dirijate și acumulate în lacul Piasăcinik.

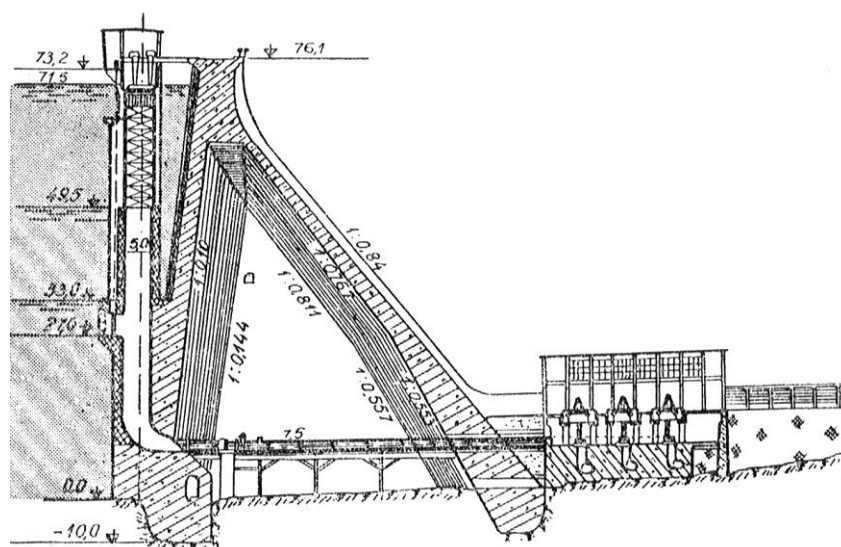


Fig. 2.7. Barajul și centrala hidroelectrică Topolnitsa – secțiune transversală.



Al doilea sector al Canalului magistral al sistemului Topolnița pornește cu un debit de  $24 \text{ m}^3/\text{s}$  din rezervorul de compensare Piasăcinik și ajunge până la râul Stryama, irigând suprafața situată în partea dreaptă. Pe traseul acestui sector de canal sunt construite, de asemenea, rezervoare de compensare, sifoane pe sub râurile interceptate, precum și pe râul Stryama, în scopul irigației unor suprafețe situate la est de acest râu. În acest sistem sunt construite și 14 stații de pompare pentru folosirea apelor subterane, ca și pentru crearea și asigurarea presiunii în rețelele de irigații sub presiune – pentru aspersiune.

În cadrul sistemului Topolnița mai sunt realizate: 10 colectoare mari de drenaj cu  $L = 113 \text{ km}$ , regularizarea albiei râurilor ce străbat teritoriul dominat de acest sistem (peste 87 km corecții de albie).

Sistemul de irigație Topolnița a devenit un veritabil complex (Momina Clissoura – Topolnița – Piasăcinik – Stryama) de circa 120.000 ha, completat prin suplimentarea cu apă de la cascadele hidroenergetice Belmeken – Sestrimo și Batak – Potoka. În cadrul acestui mare sistem complex (de irigații) tehnica irigației este practică până la cele mai moderne procedee și în scopuri multiple. Astfel, în plotul Malo-Konare (fig. 2.10) se aplică irigația în scop de umectare, fertilizare și antigel prin rețele automatizate, construite subteran, cu aspersoare anfonabile. Acest plot, deși are o suprafață mică – 160 ha, constituie un model experimental de folosință complexă în irigații, ca și de automatizare a tehnicii de irigat. Este divizat în 8 sectoare de câte 20 ha, cu diverse culturi (îndeosebi legume). Ca sursă de apă sunt folosite complexul hidrotehnic Topolnița, precum și apele subterane. Irigația aplicată are rol multiplu: udare, fertilizare și protecție contra gerurilor (antigel).

Construcțiile sunt reprezentate de:

– stația de pompare, cu 3 grupuri de câte 50 l/s fiecare, cu o presiune de 60 m; puterea stației este sta-

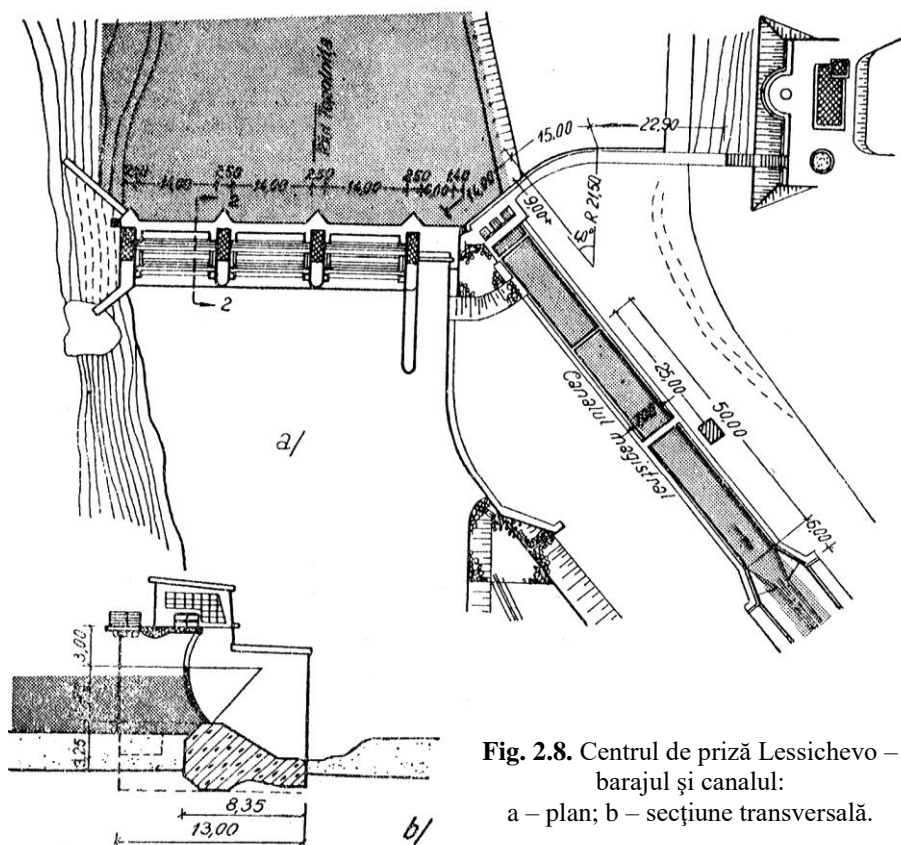


Fig. 2.8. Centrul de priză Lessichevo – barajul și canalul:  
a – plan; b – secțiune transversală.

bilită pentru a se putea asigura udarea simultană a câte unui sector de 20 ha. Grupurile de pompare sunt legate și la rezervoarele de fertilizare (îngrășăminte chimice);  
– bazinul de compensare, cu o capacitate suficientă pentru consumul de apă necesar timp de 24 ore. Acest rezervor primește apa prin rețeaua de aducțiune deschisă;

– rețeaua de conducte subterane, cu aspersoare anfonabile. Rețeaua este fixă; dintr-o conductă principală, care traversează central sectorul, pornesc bilateral conductele de distribuție. Ambele grupe de conducte ( $\varnothing = 350 \text{ mm}$ , respectiv 300-125 mm) sunt construite din azbociment. Conductele de distribuție sunt trasate foarte sistematizat, din 21 în 21 m. Pe fiecare sector, deci pe fiecare antenă subterană, sunt fixate 10 conducte de distribuție – rampe – cu aspersoare anfonabile. În fig. 2.11 se vede schema elementelor sistemului anfonabil, cu conductele-rampe de 63 mm (de scoaterea aspersoarelor) și a celor de 25 mm (de retragerea aspersoarelor);

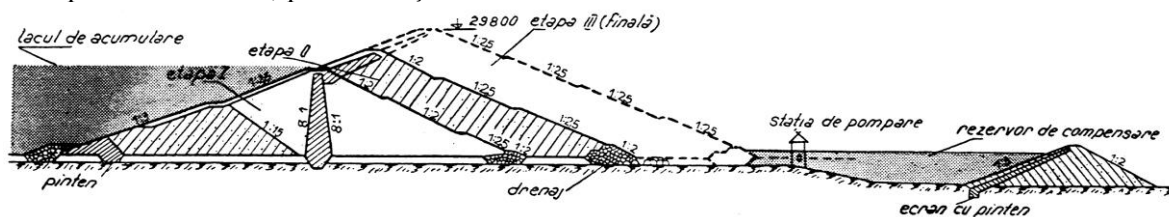


Fig. 2.9. Complexul de regularizare Piasăcinik: secțiune prin lacul de acumulare-baraj; stația de pompare și rezervorul de compensare, cu barajul respectiv

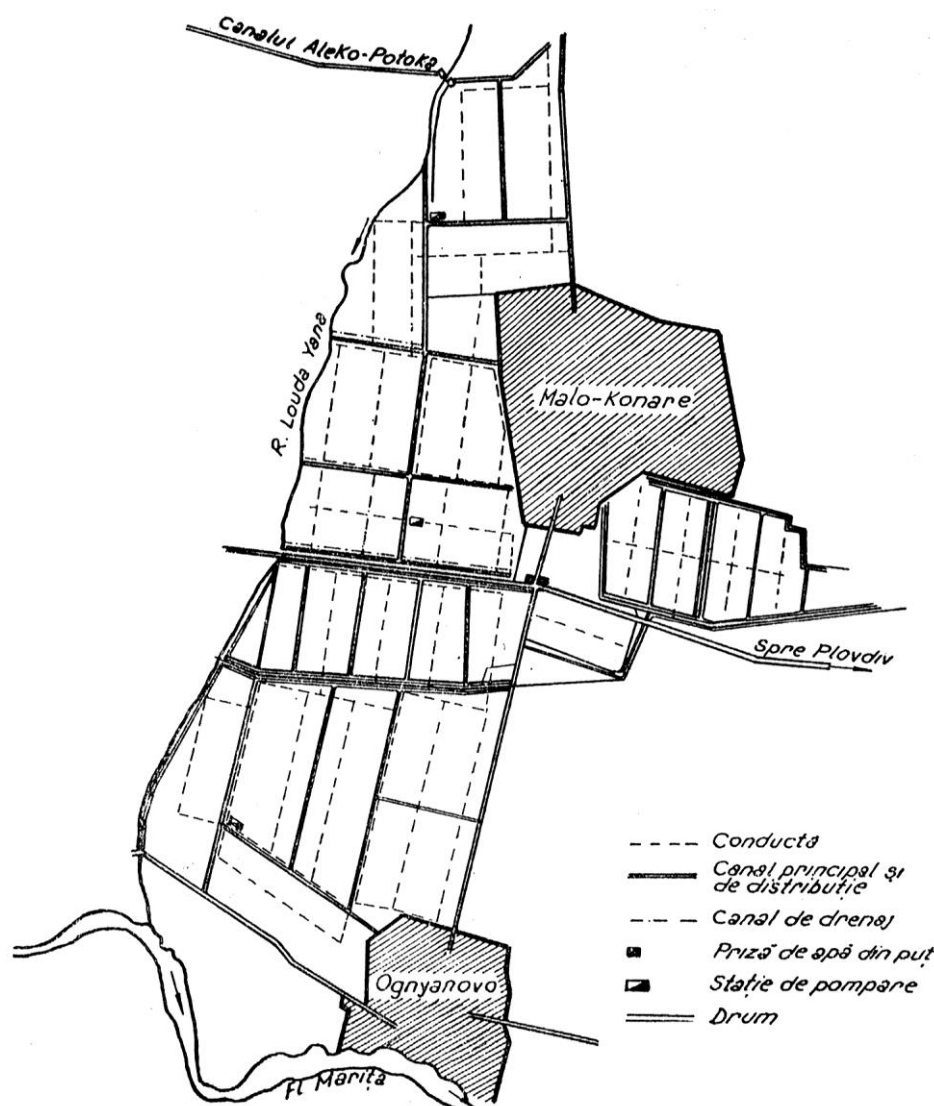


Fig. 2.10. Plotul de irigații automatizat Malo-Konare.

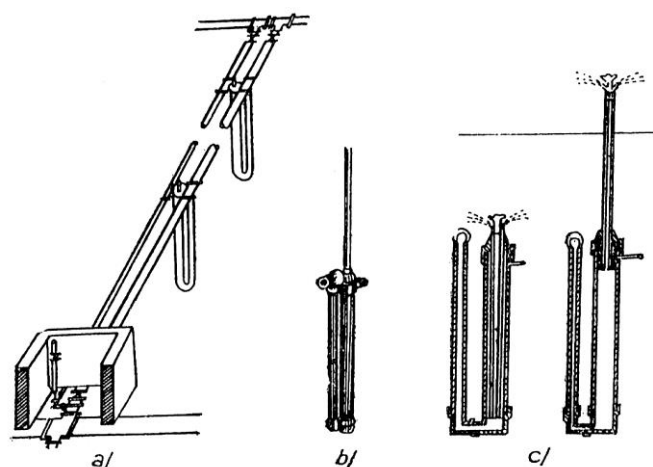


Fig. 2.11. Schema instalației de irigare prin aspersiune cu aspersoare cu tije anfansabile: a – schema elementelor de bază; b – dispozitiv cu tijă anfansabilă; c – secțiuni verticale

– postul de comandă automată, care se găsește în clădirea stației de pompare. Punerea în funcțiune a instalației de irigație se face după program, prin telecomenzile asigurate cu ajutorul unei rețele de cabluri, în lungime de 2.100 m;

– instalațiile tranzistorizate, releele, aparatele de telecomanică, servomotoarele, cu ajutorul cărora se asigură funcționarea (porniri, opriri) în scop de protecție antigel.

### 2.2.1.2. Sistemul Belmeken – Sestrimo

Cascada hidroenergetică Belmeken – Sestrimo (prin care se termină alimentarea gravitațională cu apă a marelui sistem de irigații Topolnița) utilizează apele râurilor Mestra și ale canalelor de centură, Marița, care își au izvoarele în versanții N-E și S ai masivului Rila.

Bazinul versant, care asigură apa prin trei centuri de canale zonale, ca și prin râurile locale, cuprinde o suprafață de 473 km<sup>2</sup> (fig. 2.12).

Prin cele 269 prize de apă ale celor 3 centuri zonale de captare-alimentare (Grâncear, Djaferitsa, Marița – 1900, Jadenitsa, Chayir, Marița – 1200) se aduce anual un volum de 358 milioane m<sup>3</sup> apă în cascada Belmeken – Sestrimo. Acest volum de apă reprezintă 91% din scurgerea totală din acest bazin.

Lungimea totală a canalelor de captare-alimentare este de 272 km, din care 73 km sunt tuneluri. Volumele de lucrări reclamate au fost de: 4.836.000 m<sup>3</sup> terasamente deschise – debleu, 687.000 m<sup>3</sup> terasamente în tunel, 702.000 m<sup>3</sup> betoane, 673.000 m<sup>3</sup> cofraje; 5.200.000 m<sup>3</sup> ramblee. Se mai adaugă: 62 km impermeabilizări de canale prin betonare, cu turnare pe loc; 128 km canale prefabricate de beton; 63 km tuneluri fără presiune; 6,6 km tuneluri sub presiune, 5,6 km dăchere.

Cascada energetică Belmeken – Sestrimo cuprinde un baraj (Belmeken) și 3 centrale hidroelectrice (fig. 2.13) cu o putere totală de 755.000 kW. Apa acestei cascade H.E. irigă 60.000 ha în complexul Plovdiv – Pazardjik, sistemul Topolnița.



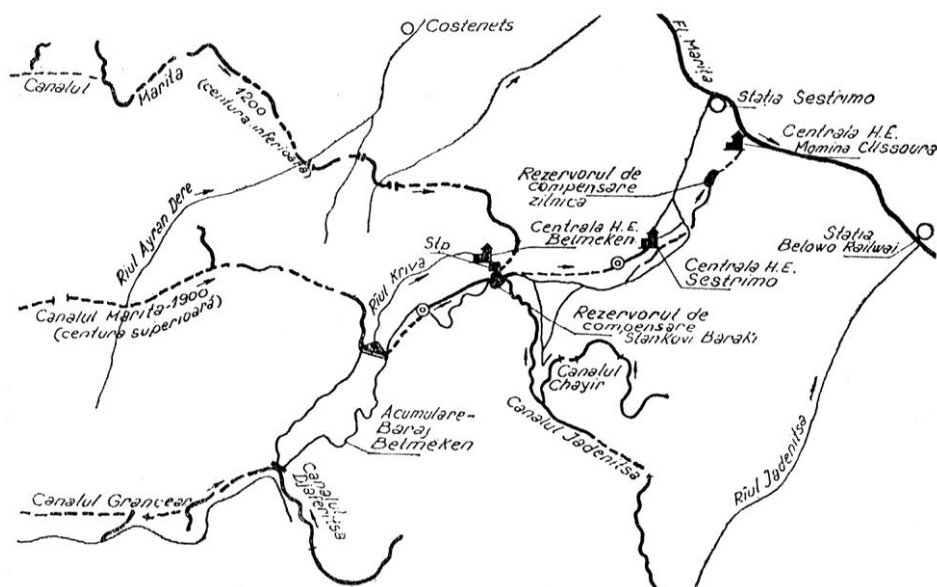


Fig. 2.12. Schema sistemului Belmeken – Sestrimo.

Recuperarea investițiilor este prevăzută pe o perioadă de 6-7 ani.

În secțiunea din fig. 2.13 se pot citi poziția, cota și modul funcțional al relațiilor: baraj – contrabaraj – acumulare – rezervor compensare – canale zonale de captare alimentare – hidrocentrale și volume acumulate.

Barajul Belmeken este din anrocamente, cu nucleu din argilă; are o înălțime de 98 m și o lungime la

tare.

Centura I – superioară cuprinde canalul Grăncear (pe stânga) și canalul Djaferitsa (pe dreapta).

Canalul de alimentare Grăncear se află la cota 2.000 m, are o lungime de 54,6 km și transportă, cu un debit de  $23,24 \text{ m}^3/\text{s}$ , un volum anual de 85,5 milioane  $\text{m}^3$ , de pe un bazin de recepție propriu de  $82,3 \text{ km}^2$ , prin intermediul a 61 prize de apă.

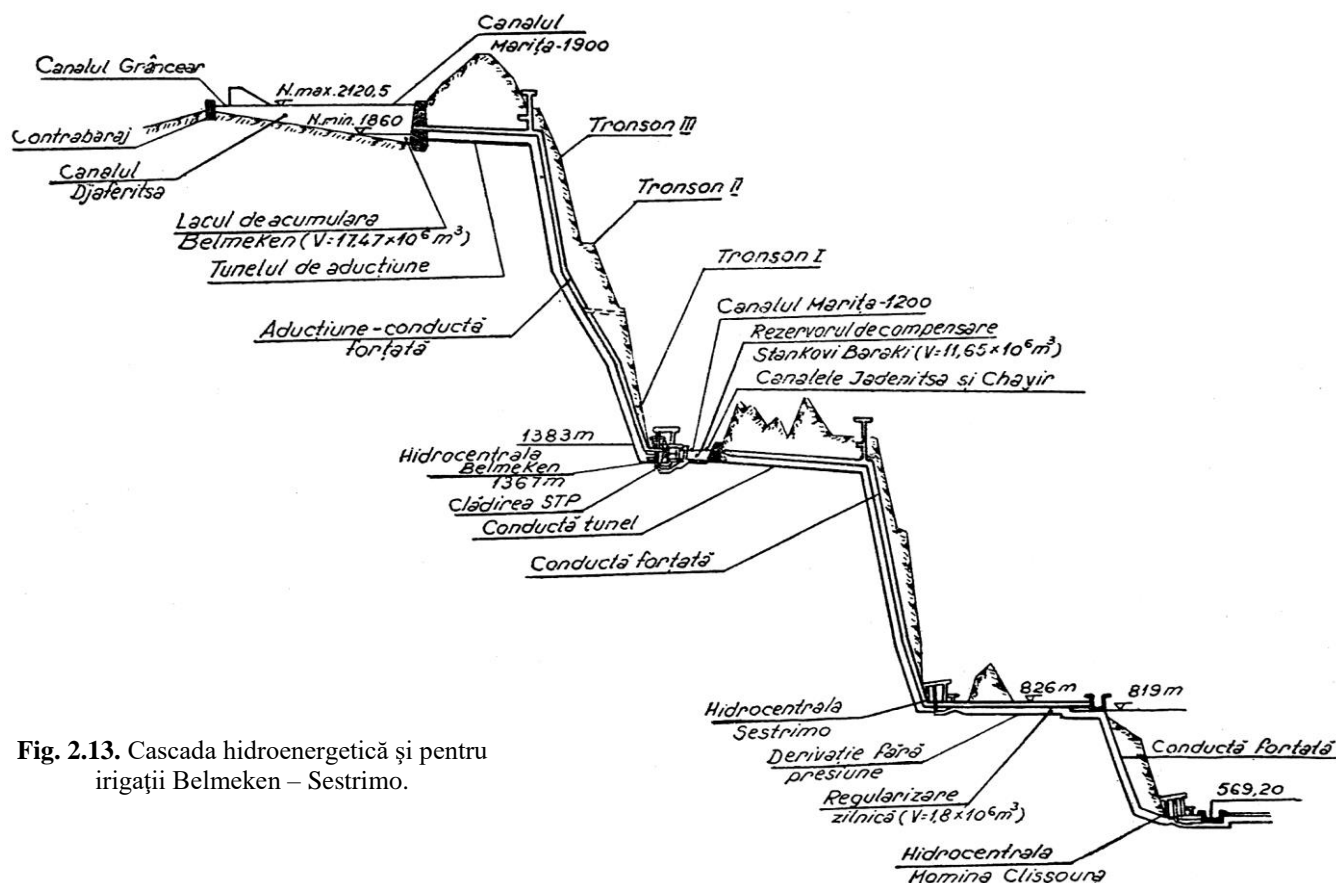


Fig. 2.13. Cascada hidroenergetică și pentru irigații Belmeken – Sestrimo.

Acest colector zonal primește și apele canalelor de adâncime Monastirska, Hiena și Bistritsa, în lungime totală de 82 km (din care 20 km sunt tunele), de pe un bazin de recepție de 76,8 km<sup>2</sup> prin intermediul a 88 prize de apă. Volumul anual de apă adus de aceste 3 canale este de 85 milioane m<sup>3</sup>.

Canalul de alimentare Djaferitsa face parte tot din centura superioară – care alimentează pe dreapta acumularea Belmeken, cu un volum anual de 3,3 milioane m<sup>3</sup> apă, colectată prin 15 prize de pe un bazin versant de 4 km<sup>2</sup>. Canalul are o lungime de 10,5 km și un debit de 0,55 m<sup>3</sup>/s.

Centura II cuprinde Canalul Marița 1900, în lungime de 25 km (din care 16 km tuneluri), care colectează, prin 18 prize, apa de pe un bazin hidrografic de 67,7 km<sup>2</sup>. Cu un debit de 12 m<sup>3</sup>/s, acest canal alimentează acumularea Belmeken cu un volum anual de 73 milioane m<sup>3</sup> apă. Centrala hidroelectrică Belmeken este amplasată în regiunea Stankovi-Baraki și este alimentată direct din lacul aferent barajului Belmeken cu un debit instalat de 60 m<sup>3</sup>/s și o cădere de 937 m. Elementele componente sunt: priza de apă la baraj, un tunel sub presiune lung de 3.000 m, un turn de echilibru cu o înălțime de 90 m, o conductă forțată subterană lungă de 2.400 m și clădirea hidrocentralei cu 5 agregate, din care două sunt reversibile. Hidrocentrala funcționează, de asemenea, și pentru pompare de acumulare. Puterea totală instalată este de 375.000 kW, iar producția anuală de energie electrică este de 570 milioane kWh.

Bazinul de compensare Stankovi – Baraki are un regim de regularizare zilnică. Barajul, construit din anrocamente, are o înălțime de 90 m și un volum (al rambleului) de 153.000 m<sup>3</sup>. În acest bazin aduce apa și centura inferioară de canale zonale: Marița 1200, Ghayir și Jadenitsa.

Centrala hidroelectrică Sestrimo este amplasată amonte de localitatea Sestrimo, are un debit instalat de 62 m<sup>3</sup>/s, o cădere de 554 m, un tunel sub presiune lung de 3.500 m, conductă forțată subterană de 1.400 m. Echipamentul hidrocentralei este format din 2 grupuri cu o putere instalată de 260.000 kW și o producție anuală de energie de 444 milioane kWh.

Centrala hidroelectrică Momina – Clissoura urmează

hidrocentralei Sestrimo. La ieșirea din hidrocentrala Sestrimo, apa este condusă printr-un canal deschis trapezoidal ( $Q = 56,90 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $L = 2.490 \text{ m}$ ) într-un rezervor de compensare ( $V = 200.000 \text{ m}^3$ ), iar din acesta, printr-o conductă forțată subterană ( $\varnothing = 4 \text{ m}$ ;  $L = 1.260 \text{ metri}$ ) la cele două turbine ale hidrocentralei. Puterea totală a H.E. este de 120 000 kW, iar producția anuală este de 210 milioane kWh. Căderea exploataată este de circa 250 m, iar debitul de 56,6 m<sup>3</sup>/s.

### 2.2.1.3. Sistemele Aleko – Potoka și Peshtera – Batak

În cadrul complexului hidrotehnic Plovdiv – Pazardjik se înscrie și renumita cascade hidroenergetică Batak, sursa principală de apă a sistemelor de irigații Aleko – Potoka și Peshtera (fig. 2.14). Bazinul versant pe care este construit acest mare sistem hidrotehnic înscrie o suprafață de 756 km<sup>2</sup>, înglobând parțial văile râurilor Vucea și Chepinska și integral b.h. al râului Stara.

Schema hidrotehnică a cascadei hidroelectrice Batak cuprinde 4 baraje (cu un volum total de acumulare de 407 milioane m<sup>3</sup> apă), 3 centrale hidroelectrice, cu o putere globală de 228.000 kW și două centuri de canale de colectare-aducțiune (superioară și inferioară), cu o lungime totală de 93 km, 72 km tuneluri și 180 instalații de captare (prize de apă).

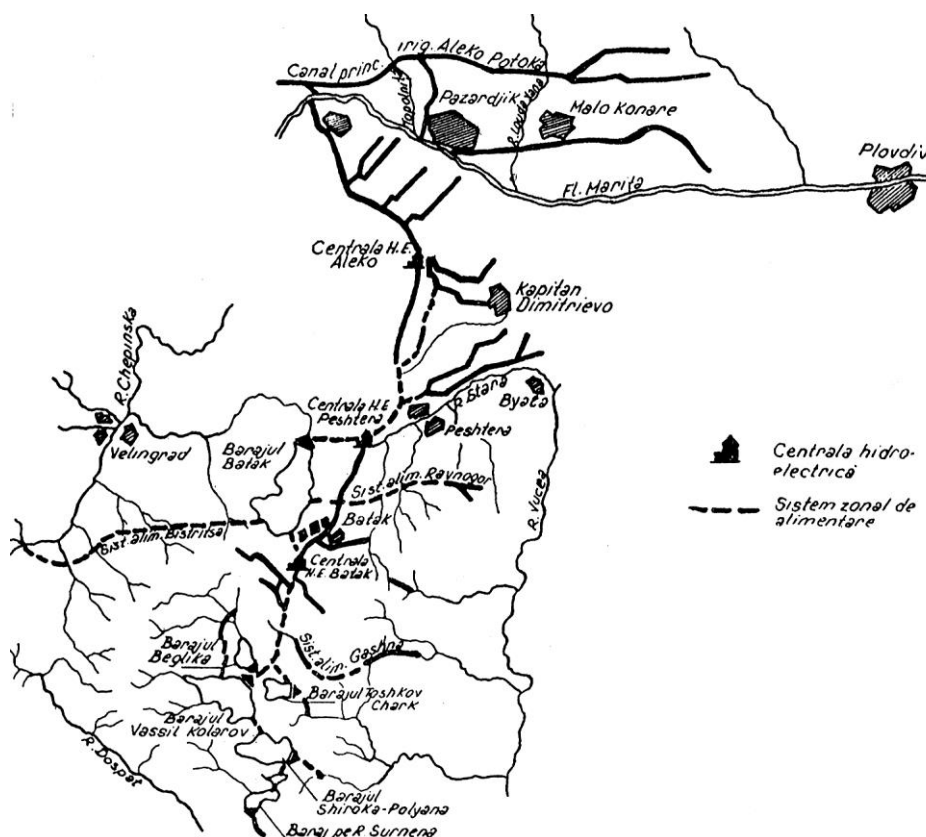


Fig. 2.14. Schema hidrotehnică a sistemelor Aleko – Potoka, Peshtera – Batak.

Apele zonale de pe versanți și din râuri, captate prin centura superioară de canale Beglika, Gashna, Byala și Tchernă sunt descărcate gravitațional în acumularea superioară Vassil Kolarov, fie direct, fie prin tunelul principal de derivare al stației hidroelectrice Batak.

Centura superioară de canale cuprinde și acumulările secundare cu baraj: Toshkov – Chark și Beglika, de unde apele sunt pompate tot în acumularea Vassil Kolarov.

Centura inferioară cuprinde canalele Bistritsa, Ravnogor și Sueti Konstantine.

Barajul Batak creează principalul bazin de regularizare al sistemului; construit (1959) din pământ, cu înălțimea de 35 m (cu un volum de terasament de 400.000 m<sup>3</sup>), acumulează 315 milioane m<sup>3</sup> apă.

Cele trei centrale hidroelectrice ale cascadei (Batak, Peshtera, Aleko) valorifică o înălțime de cădere totală de 1.295 m (fig. 2.15), producând anual 675 milioane kWh. Primele două hidrocentrale – Batak și Peshtera – sunt subterane. Apele uzinate prin cele 3 centrale sunt folosite la alimentarea cu apă pentru irigația zonelor concentrate în sistemele Peshtera și Aleko – Potoka.

Sistemul de irigație Peshtera cuprinde terenurile versanților Rodope, din jurul localităților Peshtera, Radilovo, Kapitan Dimitriev, Byaga și Bratzigovo.

Apele uzinate prin centrala H.E. Aleko alimentează sistemul de irigații Aleko – Potoka, situat în avalul stației – în zona Pazardjik, prin canalul principal Aleko – Potoka. Acest canal (fig. 2.16), cu o lungime de 53 km, are un debit inițial de 15,3 m<sup>3</sup>/s (în avalul centralei Aleko), se descarcă în final, cu un debit de 4 m<sup>3</sup>/s, în râul Potoka, este impermeabilizat cu beton și are pe traseu 5 sifoane cu o lungime totală de 660 m. Cea mai importantă lucrare este subtraversarea fluviului Marița – prin sifon.

Amenajările pentru irigații sunt realizate în urma unei pregătiri riguroase a terenului, prin nivelare. Teh-

nica de irigare aplicată în acest complex este adaptată condițiilor locale diferențiat: irigarea prin scurgere la suprafață – pe brazde lungi, cu alimentare din conducte flexibile, irigarea prin aspersiune, cu aripi mobile sau chiar în sistem fix – cu aspersoare anfonabile.

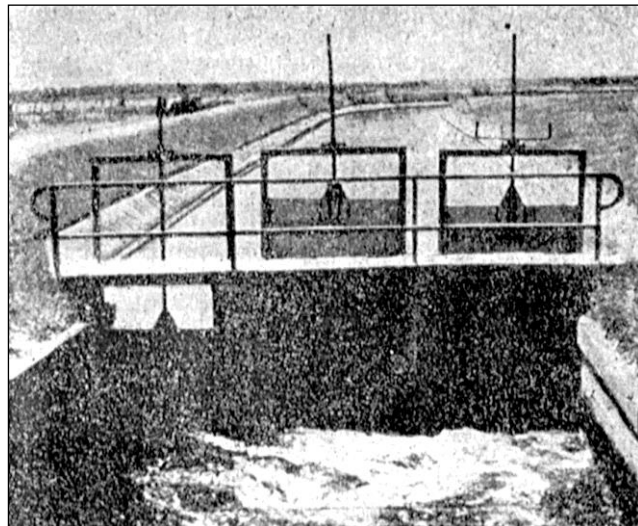


Fig. 2.16. Canalul magistral Aleko – Potoka.

#### 2.2.1.4. Sistemul Krichim – Tchechniguirov

Sistemul este inclus, de asemenea, într-o schemă hidrotehnică complexă, axată pe cascada hidro-energetică Dospat – Vucea (fig. 2.17) și legat funcțional în complexul Plovdiv – Pazardjik – prin aducțiunea Batak – Aleko – Topolnița.

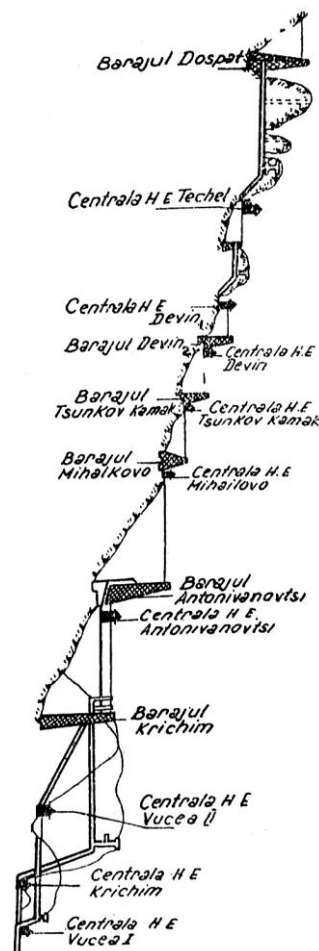


Fig. 2.17. Schema cascadei hidroenergetice Dospat-Vucea.

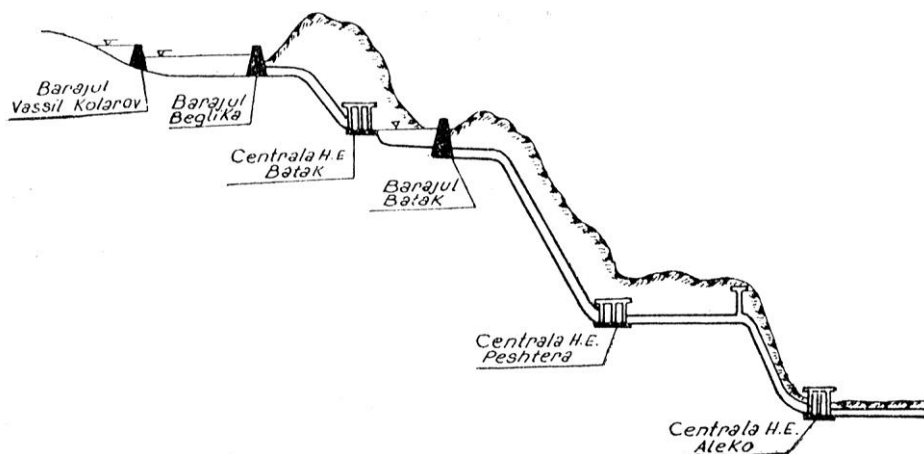


Fig. 2.15. Secțiunea longitudinală schematică a cascadei hidroelectrice Batak.

Caracteristicile principale sunt cuprinse în tabelul 2.1.

Acest sistem, situat pe dreapta fluviului Marița, în suprafață de 38.400 ha, valorifică apele b.h. al râului Vucea, prin schema hidrotehnică complexă Dospat – Vucea, care cuprinde: 6 baraje (cu un volum total de acumulare de peste 850 milioane  $m^3$  apă), 8 centrale hidroelectrice (cu o putere instalată de 667 MW și o producție medie anuală de 1.124 milioane kWh) și 5 aducțiuni – colectoare ale apelor de pe versanți – în lungime totală de 133 km, cu 54 captări (prize de apă) și rețeaua de irigație propriu-zisă.

**Tabelul 2.1**

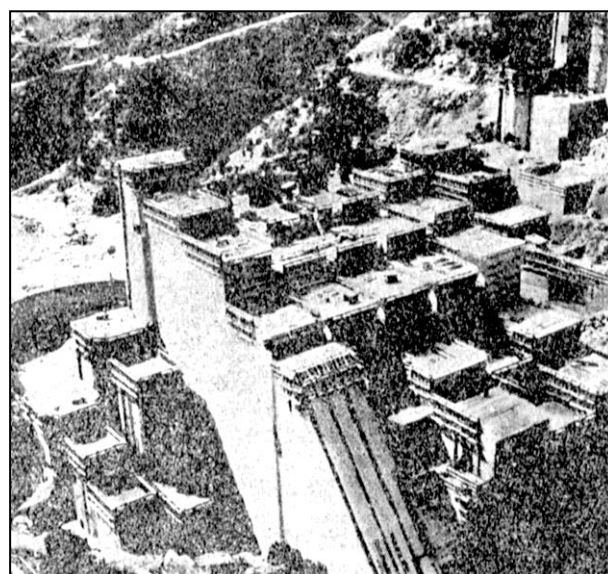
Proiectele	Datele principale
Barajul Dospat	$H = 61$ m; $V_0 = 445 \cdot 10^6 m^3$ Baraj de anrocamente
Tunel sub presiune	$L = 16.220$ m; $D = 3,30$ m; $Q = 26 m^3/s$
Centrala H.E. Techel	$P = 60.000$ kW; $H_{br} = 1.198$ m; $Q = 26 m^3/s$ ; $E = 287 \cdot 10^6$ kWh
Rezervor compensare Techel	$V_0 = 22 \cdot 10^6 m^3$
Tunel sub presiune Devin	$L = 9.000$ m; $D = 3,80$ m; $Q = 45 m^3/s$
Centrala H.E. Devin	$P = 40.000$ kW; $H_{br} = 156$ m; $Q = 45 m^3/s$ ; $E = 168 \cdot 10^6$ kWh
Barajul Devin	$H = 65$ m; $V_0 = 30 \cdot 10^6 m^3$ Baraj de greutate din beton
Centrala H.E. Devin <sub>1</sub>	$P_t = 60.000$ kW; $H_t = 59,5$ m; $Q_t = 117 m^3/s$ ; $E_t = 178 \cdot 10^6$ kWh
Barajul Tsunkov Kamak	$H = 63$ m; $V_0 = 20 \cdot 10^6 m^3$ Baraj de greutate din beton
Centrala H.E. Devin <sub>2</sub>	$P_p = 59.000$ kW; $H_p = 68$ m; $Q_p = 77,7 m^3/s$ ; $E_p = 120 \cdot 10^6$ kWh
Barajul Mihailovo	$H = 46$ m; $V_0 = 16 \cdot 10^6 m^3$ Baraj din anrocamente
Centrala H.E. Mihailovo	$P = 29.000$ kW; $H = 38$ m; $Q = 91 m^3/s$ ; $E = 57,6 \cdot 10^6$ kWh
Barajul Antonivanovtsi	$H = 145$ m; $V_0 = 214 \cdot 10^6 m^3$ Baraj de greutate din beton
Centrala H.E. Antonivanovtsi	$P = 160.000$ kW; $H = 12$ m; $Q = 160 m^3/s$ ; $E = 217 \cdot 10^6$ kWh
Barajul Krichim	$H = 105$ m; $V_0 = 18 \cdot 10^6 m^3$ Baraj de greutate din beton
Centrala H.E. Vucea II	$P = 7.000$ kW; $H = 85$ m; $Q = 10 m^3/s$ ; $E = 26,3 \cdot 10^6$ kWh
Centrala H.E. Krichim	$P = 80.000$ kW; $H = 171$ m; $Q = 61 m^3/s$ ; $L = 195 \cdot 10^6$ kWh
Centrala H.E. Vucea I	$P = 14.000$ kW; $H = 90$ m; $Q = 20 m^3/s$ ; $E = 25 \cdot 10^6$ kWh

Cele mai importante obiective ale acestuia sunt: barajul Dospat, tunelul sub presiune Techel, tunelul sub presiune Devin, centrala hidroelectrică Devin, ba-

rajul și centrala cu acumulare prin pompă Devin, barajul și centrala hidroelectrică cu acumulare prin pompă Tsunkov Kamak, barajul și centrala hidroelectrică Mihalkovo, barajul și centrala hidroelectrică Antonivanovtsi, barajul Krichim și tunelul sub presiune și centrala hidroelectrică Krichim; centrala de la piciorul barajului Vucea, care valorifică tunelul sub presiune al vechii centrale hidroelectrice Vucea II – drept canal de evacuare. Soluția schemei hidrotehnice adoptate în acest sistem asigură în complex apa necesară folosințelor hidroenergetice, irigații și de alimentare cu apă pentru teritoriul situat în dreapta fluviului Marița – Plovdiv și în bazinul propriu al râului Vucea. Înălțimea totală a căderii acestei cascade H.E. este de 960 m.

Nodul hidroenergetic Antonivanovtsi fiind cel mai mare și complex din acest sistem vor fi prezentate în continuare câteva caracteristici. Acest nod cuprinde: un baraj de greutate din beton, o centrală hidroelectrică, la piciorul barajului, și o centrală hidroelectrică cu acumulare prin pompă, cu o putere totală de 160.000 kW.

Barajul Antonivanovtsi (fig. 2.18) este cel mai înalt din Bulgaria, este fondat pe gnais cu straturi de pegmatit și marmură. Parametrii principali ai barajului sunt: 144 m – înălțimea; 416 m – lungimea la coronament; 13 m distanța între rosturile ploturilor; 1/0,075 – taluzul amonte; 1/0,074 – taluzul aval; 1.068.000  $m^3$  – rambleu; 450.000  $m^3$  – volumul excavațiilor; 4 deversoare cu vane segment de 8 m; 2.060  $m^3/s$  debitul maxim deversant; două conducte cu diametru de 2,90 – descărcări de fund pentru debitul de 190  $m^3/s$ ; 218 milioane  $m^3$  – volumul total de reținere.



**Fig. 2.18.** Barajul Antonivanovtsi – în execuție (1972).

Instalațiile centralei, cu putere totală (instalată) de 160.000 kW sunt: 3 turbine (radial-axiale) de o putere de 40.000 kW și o turbopompă de aceeași putere și 4 conducte sub presiune cu diametru de 3,20 m.

Producția medie anuală de energie este de 217 milioane kWh pentru: căderea  $H = 114$  m; debitul  $Q = 160$  m<sup>3</sup>/s; volumul de apă mediu anual uzinat  $V = 657$  milioane m<sup>3</sup>; timpul anual de funcționare  $T = 1.280$  ore.

## 2.2.2. SCHEMA COMPLEXULUI HIDROTEHNIC TUNDJA

Acest mare complex, care înglobează o suprafață de 234.821 ha, este axat pe sursa principală de alimentare râul Tundja, cel mai mare afluent al fluviului Marița. Râul Tundja străbate câmpia joasă pe o lungime de 350 km (până la frontiera turcă), transportând un debit mediu de 37 m<sup>3</sup>/s. Irigarea și alimentarea cu apă a acestui vast teritoriu nu ar fi fost de conceput fără o gospodărire complexă a întregului potențial hidrologic al zonei. Prin soluții generalizate în Bulgaria, și în acest complex de cote joase, proiectanții (Vodproekt) au găsit rezolvarea problemei printr-un lanț de acumulări hidroenergetice amplasate pe perimetrul zonei (fig. 2.19). Dominante sunt acumulările de pe râul Tundja: Georgi Dimitrov, Zrebcevo, Karnobat, Malko Sarkovo. Prin acest lanț de baraje de acumulare și rezervoare de compensare, canale de aducțiune, tuneluri și galerii, apa este transportată în întreg perimetrul, iar munții (Sredna-Gora), ca și alte obstacole, sunt străbătuți prin tuneluri, galerii și sifoane cu funcționare în dublu sens (v. Sistemul Sredna – Tundja – canalul M<sub>1-1</sub>).

La ieșirea din acumulări, înainte de intrarea în canalele de aducțiune, apa este uzinată în H.E. care valorifică întregul potențial hidroenergetic al zonei.

Din schema din fig. 2.19, ca și din prezentările ce urmează, se poate urmări întreaga concepție a

schemei hidrotehnice, ca și modul complex de gospodărire a apei și a fondului funciar.

Complexul hidrotehnic Tundja este organizat, din punct de vedere al folosirii apei, în 9 sisteme de irigații; cele mai importante sunt Sredna Tundja și Stara Zagora. Pe lângă acestea trebuie reliefat și Canalul Magistral al Bulgariei de Sud, cu:  $L = 345$  km și  $Q_i = 66,5$  m<sup>3</sup>/s.

### 2.2.2.1. Sistemul Sredna Tundja

Este cel mai important ca suprafață ( $S = 115.317$  hectare) și ca mod complex de rezolvare, valorifică în primul rând apele acumulate în barajul Zrebcevo de pe râul Tundja (110.000 ha) (fig. 2.20). În cadrul complexului Tundja, 4.900 ha sunt irigate din apele freactice, iar 100.500 ha, prin Canalul Magistral al Bulgariei de Sud.

Sursa principală de apă – acumularea Zrebcevo, cu rol hidroenergetic și pentru irigații, este formată printr-un baraj din pământ (fig. 2.21), cu  $H = 57$  m,  $V = 400$  milioane m<sup>3</sup>.

Priza de apă din acumulare este asigurată printr-un turn dublu-concentric: pe cel interior sunt montate vane circulare și alte dispozitive prin care se captează 30-54 m<sup>3</sup>/s apă din straturile calde de la suprafață. Apa este uzinată în hidrocentrala situată la piciorul barajului, aceasta având o putere instalată de 14.000 kW.

Prin amplasarea sursei de apă (acumularea Zrebcevo) la cote superioare ale terenului irigabil, s-au creat condiții pentru irigarea unei suprafețe de 42.000 ha prin aspersiune, cu valorificarea presiunii de poziție. Restul suprafeței, irigate prin aspersiune, folosește presiunea suplimentară a stațiilor de pompare, încadrate în schema hidroenergetică a complexului Tundja.

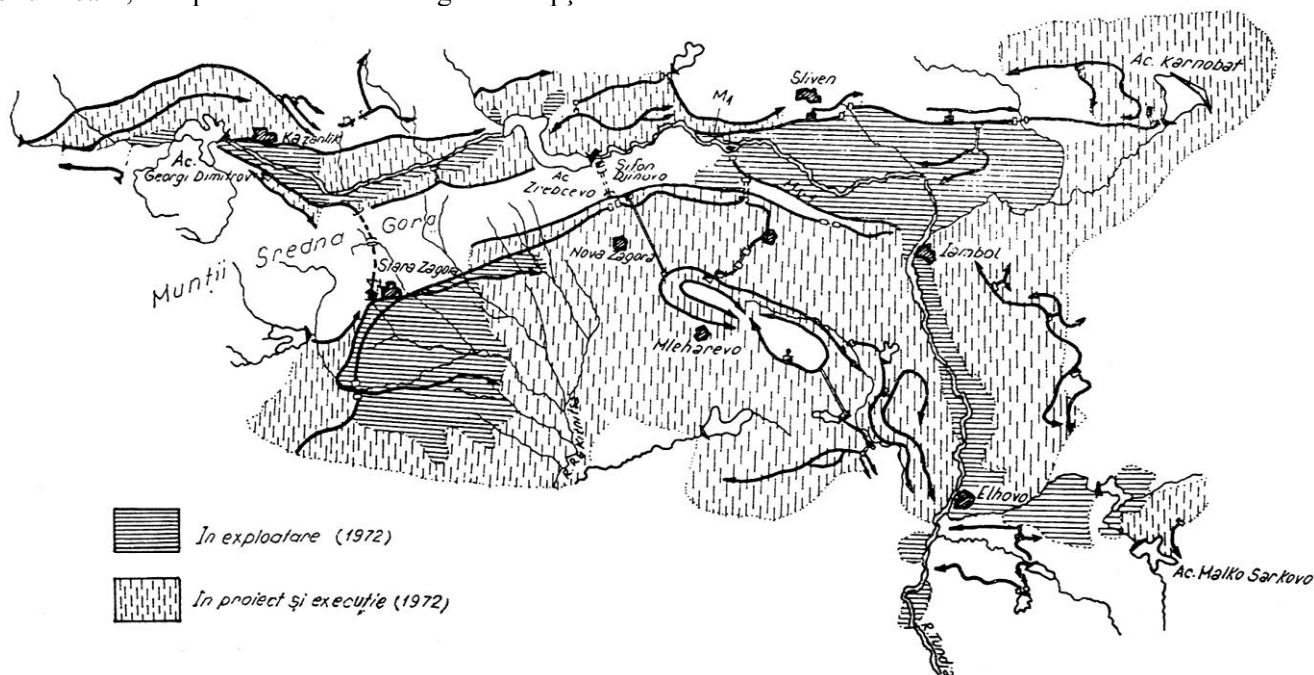


Fig. 2.19. Schema complexului hidrotehnic Tundja.

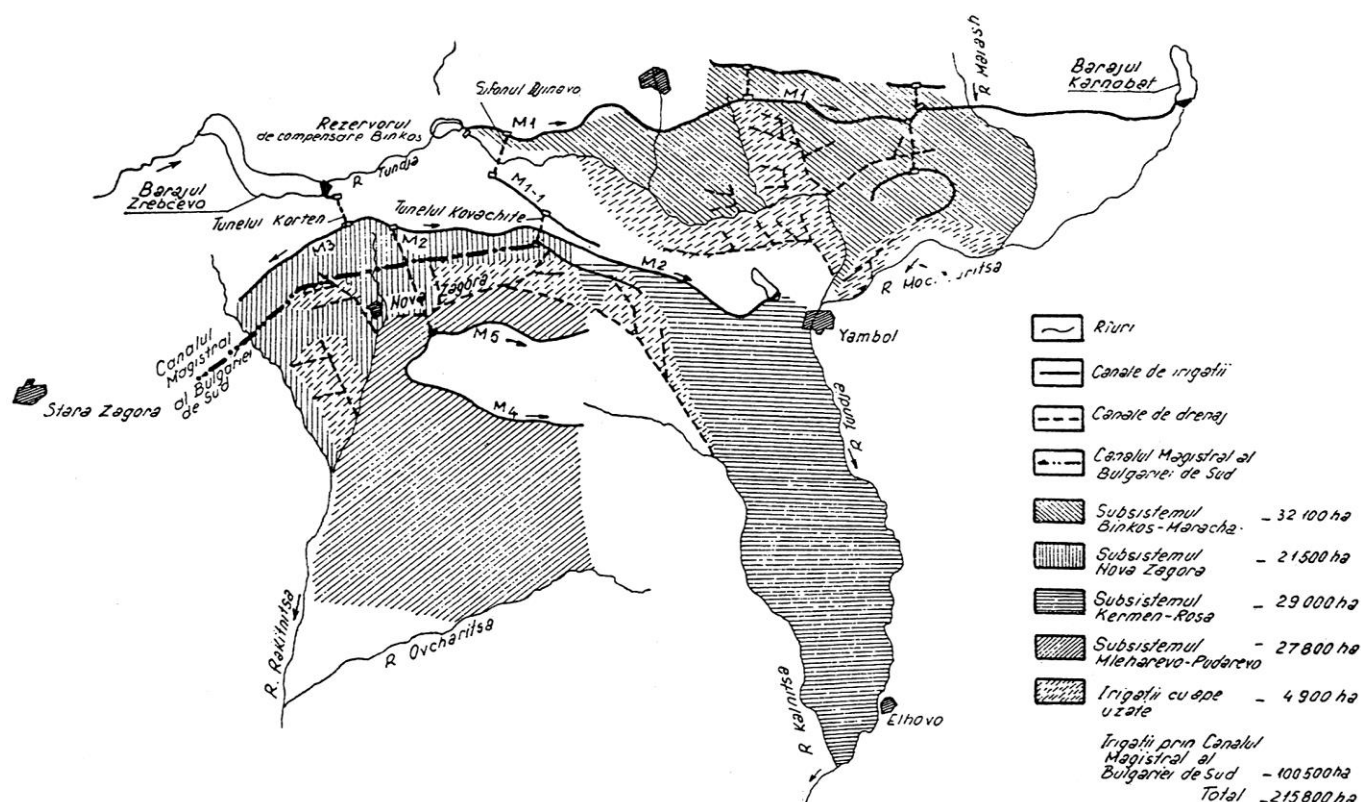


Fig. 2.20. Schema complexului Sredna Tundja.

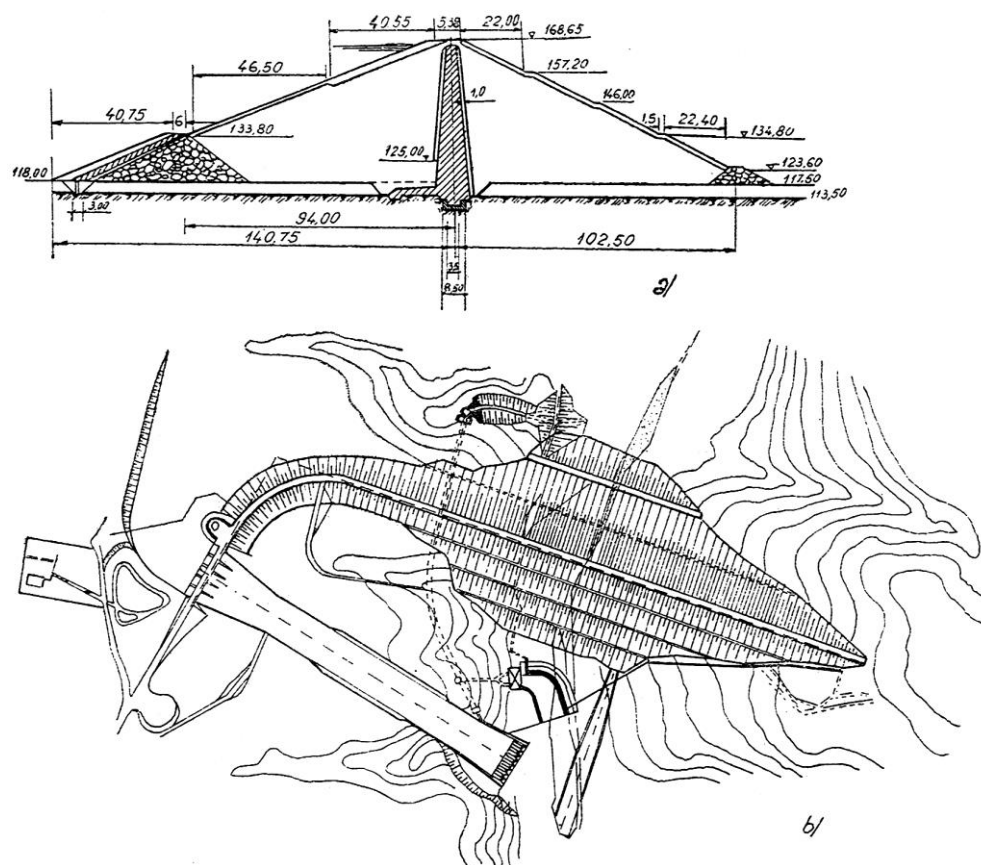


Fig. 2.21. Barajul Zrebcevo: a - secțiune transversală; b - plan amplasament.

Schema hidrotehnică a sistemului Sredna Tundja (Tundja mijlocie) este următoarea: după ieșirea din barajul hidroenergetic Zrebcevo, apa pornește în două direcții - spre est, prin albia râului Tundja și spre sud, străbătând muntele Sredna - Gora, prin tunelul cu scurgere liberă Korten (fig. 2.22).

La ieșirea din galerie apele sunt dirijate în direcții opuse: spre vest - prin Canalul Magistral  $M_3$  ( $L = 10$  km;  $Q = 3$  m<sup>3</sup>/s), care irigă cea mai mare parte a regiunii Nova Zagora și spre est - prin Canalul Magistral  $M_2$  ( $L = 40$  km;  $Q = 40$  m<sup>3</sup>/s), care irigă întreaga regiune Kermen - Rosa. După 3,40 km, canalul  $M_2$  are o derivație în sifon (Nova-Zagora) spre sud, care irigă restul suprafeței Nova-



Zagora, precum și regiunea Mlekarevo – Podarevo, prin ramificațiile  $M_4$  și  $M_5$ . Marele sifon Nova-Zagora (figura 2.23) traversează valea cu același nume, având:  $L = 9.800$  m;  $D_i = 2,72$  m;  $Q = 13,8-20$  m<sup>3</sup>/s.

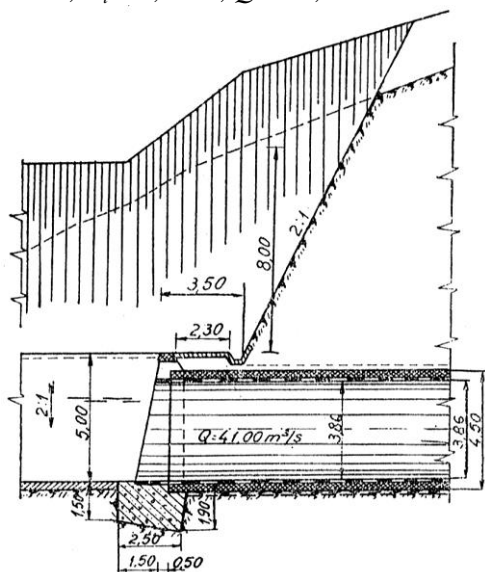


Fig. 2.22. Galeria Korten – partea de intrare.

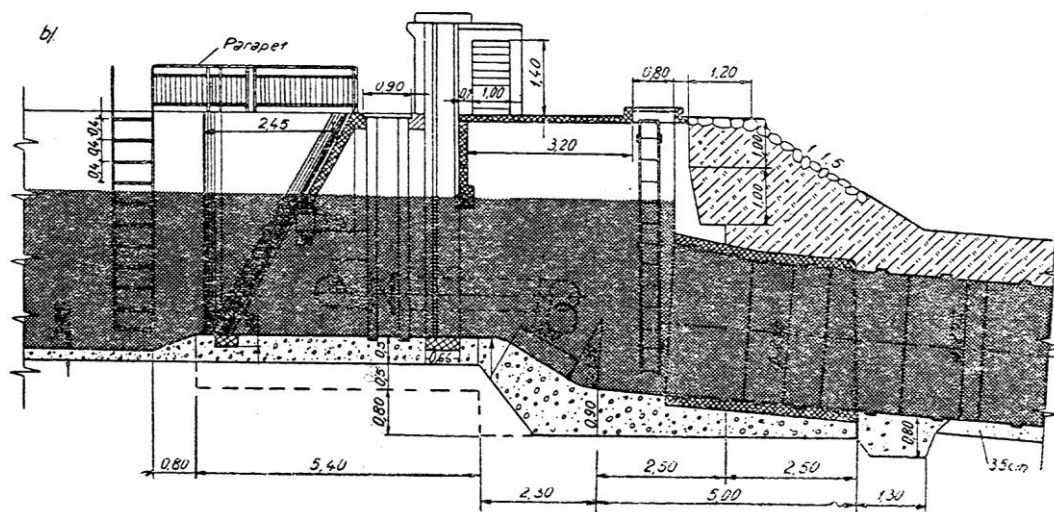
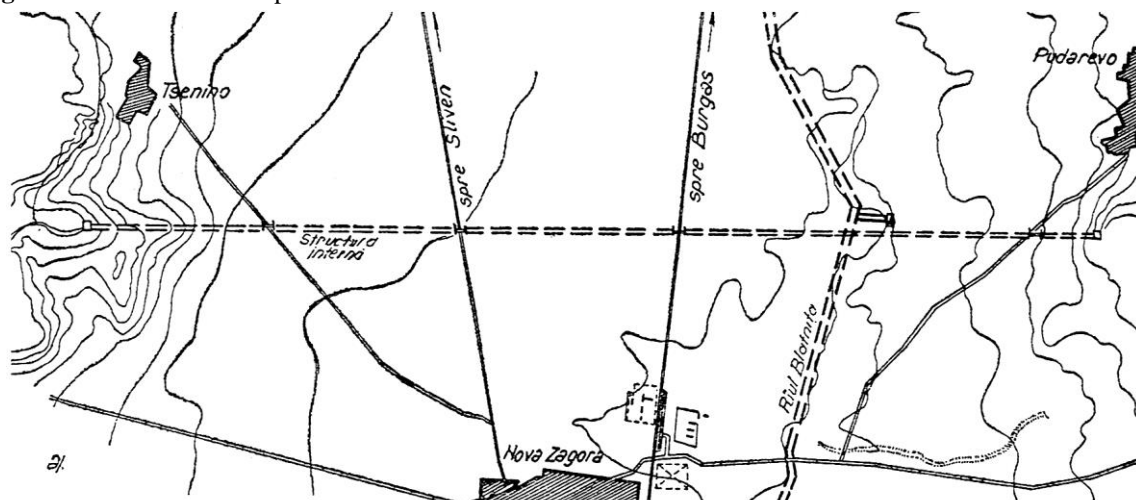


Fig. 2.23. Sifonul Nova-Zagora: a – plan de situație; b – secțiune – gura de intrare.

Canalul Magistral  $M_2$  are un rol determinant în complexul Sredna Tundja, transportând apă ( $Q = 35$  m<sup>3</sup>/s) atât spre Nova Zagora (sud), cât și spre Iambol (est), pe o lungime de 40 km, în condiții de relief variat. Acestea au impus forme de secțiuni și construcții de racordare a biefurilor variate. O serie de depresiuni au fost intersectate prin apeducte, ca de exemplu cel din fig. 2.24.

Apele care, la ieșirea din barajul hidroenergetic Zrebcevo, pornesc spre est, prin albia râului Tundja, sunt din nou captate, după un parcurs de 14 km, în rezervorul Binkos. În partea stângă a barajului sunt montate patru vane cilindrice, cu deschideri de câte 24 m fiecare, care reprezintă priza de apă (fig. 2.25) a canalului magistral  $M_1$ .

Canalul  $M_1$ , care începe de la priza Binkos, transportă un debit de 42 m<sup>3</sup>/s, printr-o secțiune cap-tușită; are o lungime de 70 km și asigură cu apă, pentru irigații și alte folosințe, zona orașului Sliven și Binkos – Maracha.

La 5,5 km de la priza de apă Binkos este realizată legătura cu Canalul Magistral al Bulgariei de Sud, prin intermediul canalului  $M_{1-1}$ .

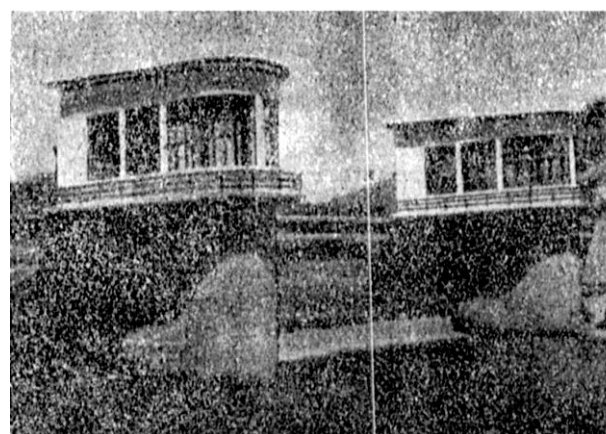
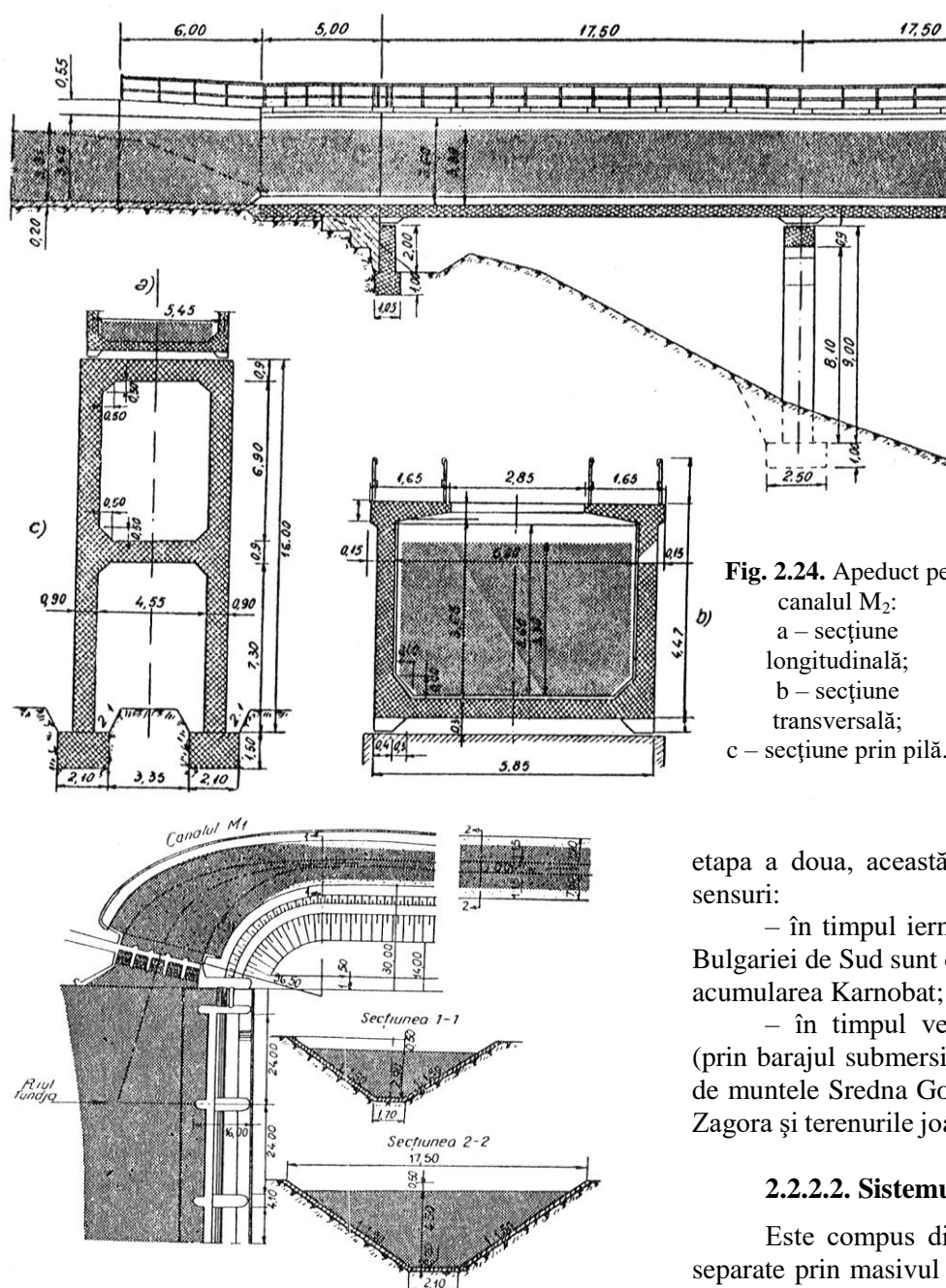


Fig. 2.25. Priza de apă Binkos: plan – detalii.

Pe acest canal, cu o lungime de 10 km și un debit de  $25,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , se află două construcții hidrotehnice de racordare a biefurilor: sifonul Djinovo și galeria Kovachite.

Sifonul Djinovo are o lungime de 2.300 m și un debit de  $25,5 \text{ m}^3/\text{s}$  și este executat în două conducte din beton armat, cu diametru de 3 m fiecare.

Galeria Kovachite are: lungimea de 3.183 m, debitul de  $25,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , diametrul interior de 4 m (secțiune circulară), căptușeala – beton armat cu o grosime de 25-45 cm.

Fig. 2.24. Apeduct pe canalul  $M_2$ :  
a – secțiune longitudinală;  
b – secțiune transversală;  
c – secțiune prin pilă.

Canalul  $M_{1-1}$  cu sifonul Djinovo și galeria Kovachite, asigură în prima parte alimentarea cu apă și iriga-rea terenurilor joase din regiunea Kermen – Rosa; în

etapa a doua, această legătură funcționează în două sensuri:

– în timpul iernii, apele Canalului Magistral al Bulgariei de Sud sunt conduse spre est, pentru a umple acumularea Karnobat;

– în timpul verii, apele acumulării Zrebevo (prin barajul submersibil Binkos) sunt conduse la sud de muntele Sredna Gora, pentru a iriga câmpia Nova-Zagora și terenurile joase din regiunea Kermen – Rosa.

#### 2.2.2.2. Sistemul Stara Zagora – Kazanlâk

Este compus din două mari sectoare irigabile, separate prin masivul muntos Sredna Gora; constituie un alt exemplu de valorificare complexă a apei și a schemei hidrotehnice gravitaționale (fig. 2.26).

Principala sursă de apă a sistemului o constituie, pentru ambele sectoare (de sud – Stara Zagora – de est – Kazanlâk), acumularea barajului Georgi Dimitrov (fig. 2.27), construit pe râul Tundja, la 7 km vest de Kazanlâk. Barajul este de tip mixt, cu un volum de material de  $470.000 \text{ m}^3$  (piatră în vrac, zidărie din blocuri mari de piatră fasonată și pământ argilos –  $40.000 \text{ m}^3$ ; la malul stâng, barajul se prelungește printr-un dig de pământ). Alte caracteristici ale barajului Georgi Dimitrov sunt: bazinul versant – de recepție –  $884 \text{ km}^2$ ; scurgerea medie anuală de 301 milioane  $\text{m}^3$ ; înălțimea barajului – 44 m; lungimea la creastă de 528 m; acumularea – reținerea totală – 140 milioane  $\text{m}^3$ ; suprafața



lacului – 8,4 km<sup>2</sup>; golirea de fund – 90 m<sup>3</sup>/s, prin două conducte cu diametru de 1,80 m; deversorul – pentru un debit de 1.100 m<sup>3</sup>/s.

Centrala hidroelectrică, situată la piciorul barajului Georgi Dimitrov, are o putere instalată de 7 MW.

Apa ieșită din această hidrocentrală este preluată de două canale principale: canalul stâng M<sub>1</sub> – pentru sectorul de irigație de est – Kazanliak – și canalul drept M<sub>0</sub> – pentru sectorul de irigații de sud – Stara Zagora.

Sectorul de irigații Stara Zagora, în suprafață de

40.274 ha, ocupă o parte a câmpiei Trace, la sud de orașul Stara Zagora. Condițiile naturale și agroeconomice ale zonei sunt: climatul – continental temperat; altitudinea medie – în jur de 165 m; panta generală – 0,5%; precipitațiile medii anuale – aproximativ 600 mm; culturile principale, irigate – bumbac, orez, legume, porumb, lucernă. Alimentarea cu apă – irigarea acestei suprafețe este asigurată în principal din acumularea Georgi Dimitrov, prin intermediul canalului principal de aducțiune M<sub>0</sub>. Acest canal are: lungimea totală – 40 km, din care 17 km în galerie (la traversarea muntelui Sredna Gora), care sfârșește printr-un bazin de compensare zilnică cu  $L = 1,3$  km; debit – 22 m<sup>3</sup>/s; panta – 0,4%; lățimea la fund – 1,2-1,8 m; adâncimea – 3,30 m; taluzuri – 1/1 și 1/1,25; impermeabilizarea – cu blocuri ciclopiene în argile și beton – în stâncă; galeria – în formă de potcoavă de cal, are raza de 1,90 m; panta de 0,7%, scurgerea liberă, consolidată și impermeabilizată în beton cu grosimea de 0,20-0,40 m. După traversarea muntelui Sredna Gora prin galerie, se creează o înălțime de cădere de 135 m, care este valorificată prin centrala hidroelectrică

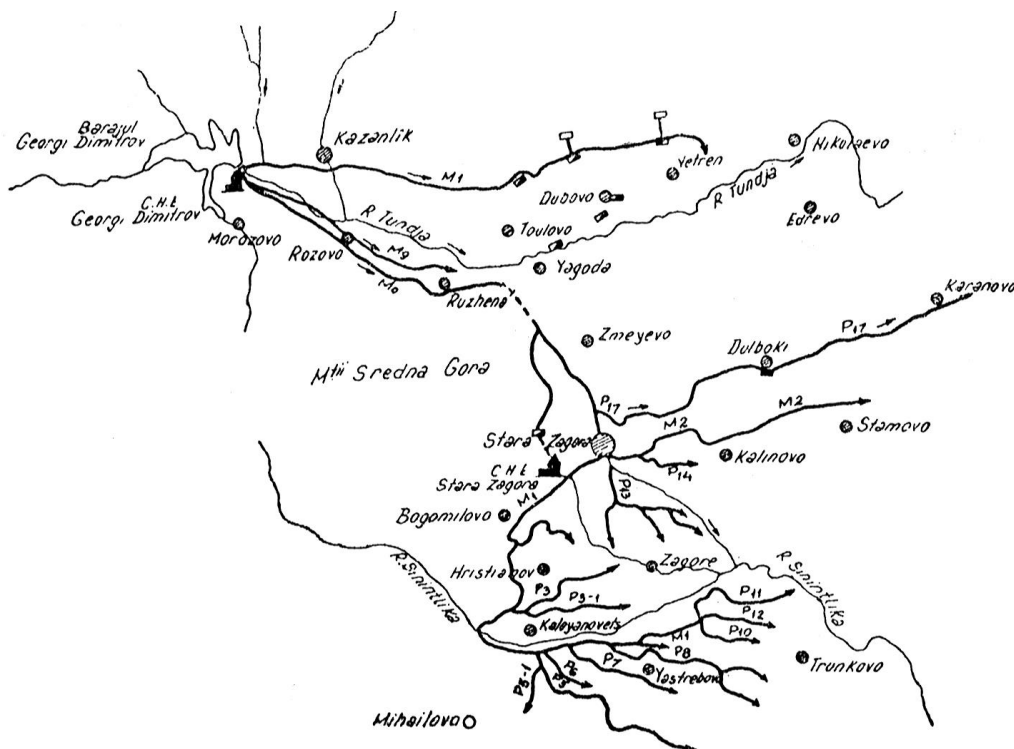


Fig. 2.26. Sistemul Stara Zagora – Kazanliak.

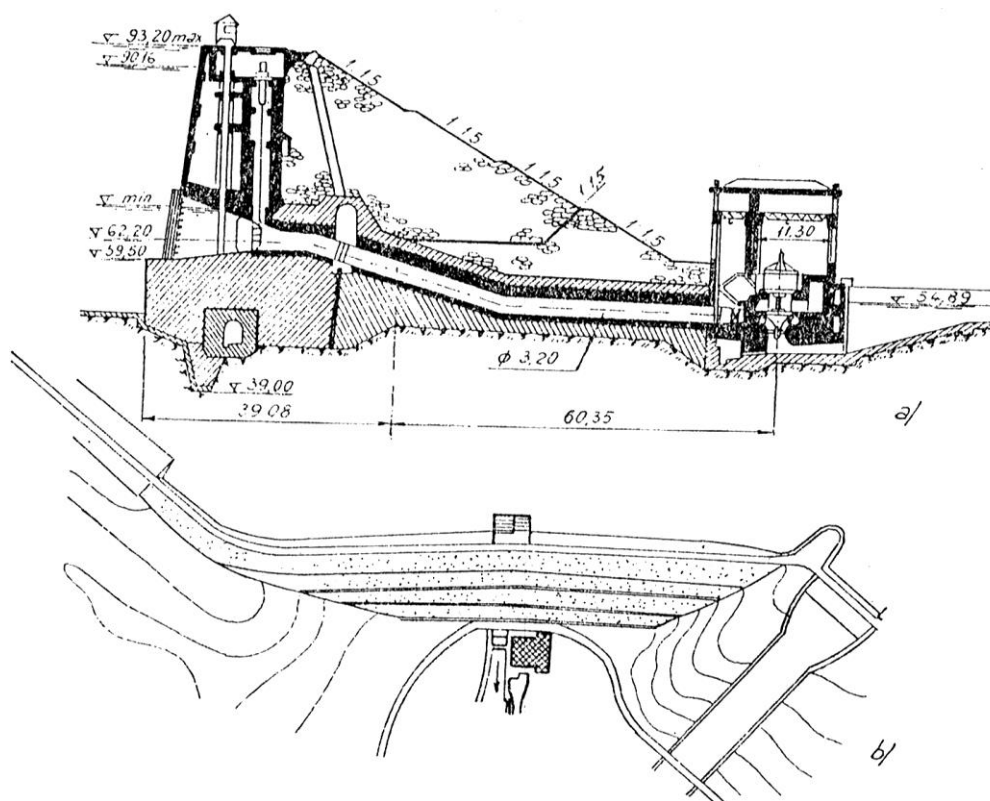


Fig. 2.27. Barajul Georgi Dimitrov: a – secțiune transversală; b – plan de situație.

Stara Zagora. Caracteristicile acestei hidrocentrale sunt: puterea instalată totală – 22.400 kW; debitul –  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ; înălțimea de cădere – 135 m; bazinul de compensare amonte –  $78.000 \text{ m}^3$ ; bazinul de compensare aval –  $125.000 \text{ m}^3$ .

Din bazinul de compensare amplasat aval de hidrocentrala Stara Zagora pornesc cele două canale principale ale sistemului:  $M_1$  spre vest și  $M_2$  spre est. Pe ambele canale sunt construite numeroase instalații și construcții de racordări de biefuri, trecere peste obstacole și distribuții ca: sifoane, apeducte, galerii, canale de scurgere rapidă etc.

Canalul  $M_1$ , în lungime de 34 km, transportă un debit de  $16,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , cu o pantă de 0,7-1% și asigură irigarea unei suprafețe de 32.209 ha, prin 12 canale de distribuție. Pentru irigarea unor terenuri situate la cote superioare (circa 3.750 ha) sunt construite 10 stații de pompă.

Canalul  $M_2$ , în lungime de 24,36 km, transportă un debit de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  cu o pantă (a fundului) de 0,5%, asigurând irigarea unei suprafețe de 8.065 ha, prin 4 canale de distribuție, precum și pentru alimentarea cu apă industrială ( $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a orașului Stara Zagora, pe care-l străbate.

În cadrul sistemului Stara Zagora se mai folosesc și apele râului Bedetchka, și ale canalului de distribuție P-17 ( $L=22 \text{ km}$ ;  $Q=3,17 \text{ m}^3/\text{s}$ ), la irigarea unei suprafețe de 5.283 ha.

Tehnica de irigare și programul de exploatare care au stat la baza proiectării sistemului Stara Zagora sunt: irigarea gravitațională, cu ajutorul rigolelor și cu distribuția automatizată a apei, irigarea prin aspersiune cu sisteme fixe – anfonabile. Pe canalele ce distribuie apa numai la udări de zi s-au construit rezervoare de compensare, pentru înmagazinarea apei nefolosite în timpul nopții. Aceasta a condus la creșterea cu circa 50% a debitului zilnic de udare.

Perimetrul de irigații Kazanlâk, în suprafață de 18.200 ha, se întinde de la est de orașul Kazanlâk până la barajul Zrebcevo. Condițiile naturale și agroeconomice ale zonei sunt: altitudinea medie – 325 m; climatul – continental moderat, cu o temperatură medie anuală de  $10,9^\circ\text{C}$ ; precipitațiile medii anuale – 600 mm; panta medie a suprafeței irigabile – 0,3%; culturile irigate – cereale, livezi, trandafiri, culturi tehnice și medicinale – mentă și altele.

Sursa principală de apă a perimetrului irigabil Kazanlâk o constituie canalul principal  $M_1$ , care pornește spre est de la acumularea Georgi Dimitrov. Canalul  $M_1$  are o lungime de 33,8 km și transportă un debit inițial de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , asigurând irigarea unei suprafețe de 9.820 ha situate pe stânga râului Tundja. Pentru restul suprafeței, de aproximativ 10.000 ha, sunt folosite și alte surse de apă: canalul drept  $M_g$  ( $2,64 \text{ m}^3/\text{s}$ ), apele râului Tundja, ape freatice și o serie de mici acumulări locale.

Ca tehnică de irigat este adoptată atât irigarea gravitațională, cât și cea prin aspersiune, folosind energia din sistem. Distribuția apei se face prin diverse tipuri de rețele deschise și închise, un loc important revenind și rețelelor de jgheaburi parabolice precomprimare.

\*

Prezentările schematice asupra celor două complexe hidrotehnice Plovdiv-Pazardjik și Sredna Tundja evidențiază unele principii și modalități de soluționare a problemelor. Faptul că se valorifică ca sursă de apă toate scurgerile – oricât de reduse ca debit – captate în zone înalte (chiar la 2.000 m), acumulate, uzinate în cascade hidroenergetice și folosite în final la irigarea terenurilor din zone de dealuri, coline, câmpii și lunci, precum și la alimentarea cu apă a diverselor aglomerații și centre industriale poate constitui un exemplu de gospodărire eficientă a apei. Apele cascadelor hidroenergetice Batak, Sestrimo, Dospat-Kritchim și Mestra, care totalizează un volum de 1.040 milioane  $\text{m}^3$  pe an, sunt orientate spre regiunile răsăritene aride ale Bulgariei meridionale prin Canalul Magistral al Bulgariei de Sud, care se înscrie în cele două complexe hidrotehnice, cu o lungime de 345 km și asigură irigarea unor întinse suprafețe de 465.400 ha.

După o analiză făcută de sectorul de specialitate care a realizat complexul H.E. Belmeken-Sestrimo, se apreciază că un l/s apă captată din muntele Rila (respectiv  $32.000 \text{ m}^3$  pe an), uzinat în cascada hidroenergetică respectivă, se transformă în 112 mii kWh energie electrică. Totodată, acest volum de apă ar putea asigura irigarea unei suprafețe de 10 ha, cu o normă de irigație de circa  $3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Paralel cu aceasta, se rezolvă – implicit – și problema apărării terenurilor și obiectivelor limitrofe râurilor de inundații ale acestora, care în condițiile celor două complexe hidrotehnice nu se mai pun.

# SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN FOSTA U.R.S.S.

## 3.1. ASPECTE CARACTERISTICE ALE TERITORIULUI FOSTEI U.R.S.S., VALORIFICATE ÎN SCHEMELE HIDROTEHNICE COMPLEXE

### 3.1.1. RESURSELE HIDRAULICE, RELIEFUL ȘI FONDUL FUNCİAR; VALORIFICAREA ACESTORA

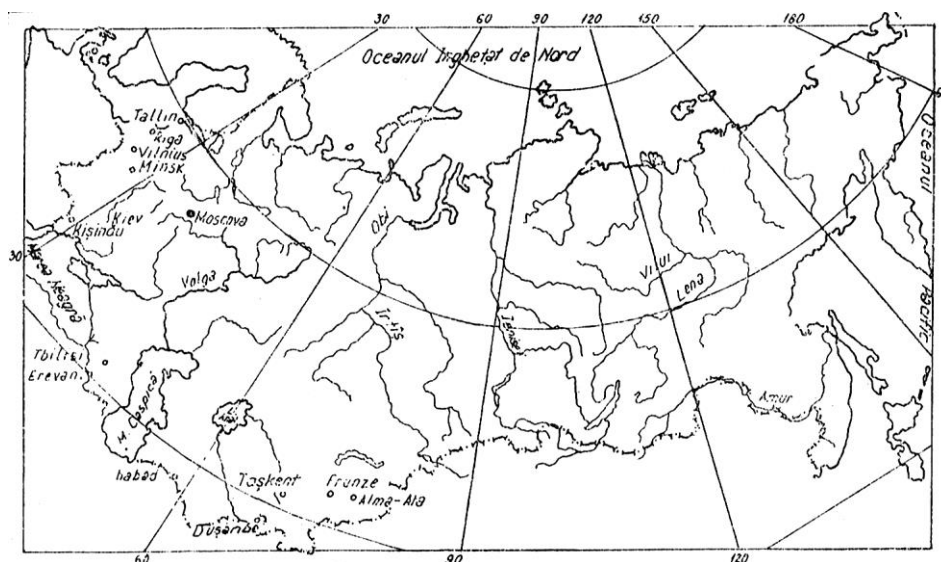


Fig. 3.1. Harta fizică a fostei U.R.S.S.

Resursele funciare și hidraulice ale fostei U.R.S.S. sunt considerabile: 22,3 milioane km<sup>2</sup>, scăldați de apele a 12 mări și 3 oceane (fig. 3.1).

Aproximativ 54% din suprafața țării (12 milioane km<sup>2</sup>) are panta generală spre nord, constituind bazinul Oceanului Înghețat de Nord, înglobând partea septentrională a Câmpiei Ruse și Siberia. Această vastă suprafață este străbătută de principalele cursuri de apă: Lena, Obi, Ienisei.

Partea de est a U.R.S.S., ocupând 15% din teritoriul țării (3,4 milioane km<sup>2</sup>), formează bazinul Oceanului Pacific. Partea septentrională a acestui bazin se întinde în lungul litoralului, în timp ce partea meridională se lărgeste spre vest, până la lanțul muntos Transbaikal. Principalele cursuri de apă ale acestui bazin sunt: Amurul, Kamciatka, Anadir.

Bazinul Oceanului Atlantic, care ocupă aproape 8% din teritoriu (1,8 milioane km<sup>2</sup>), cuprinde partea occidentală și meridională a Câmpiei Ruse și partea occidentală a Caucazului. Cursurile principale de apă ale acestui bazin curg spre vest și spre nord, vărsându-se în Marea Baltică sau spre sud – în Marea Neagră.

Aproximativ 23% din teritoriu (5,1 milioane km<sup>2</sup>) este ocupat de regiunea închisă – Aralo-Caspică, fără descărcare în ocean. Aici este înglobată o parte a teritoriului asiatic al fostei U.R.S.S. Din punct de vedere hidrografic, acest teritoriu este divizat în două bazine: al Mării Caspice – cu fluviile Volga, Uralul, Emba și Cura și al Mării Aral – în care se varsă fluviile Amu-Daria și Sâr-Daria.

Balanța hidrografică a țării se bazează pe scurgerea anuală superficială (fig. 3.2), al cărei volum mediu anual este de aproximativ 4.700 km<sup>3</sup>. Aproximativ 85% din volumul total al scurgerii fluviale se atribuie cursurilor din regiunile nordice și nord-estice și numai 15% celor din regiunile sudice și sud-estice, care sunt și cele mai populate.

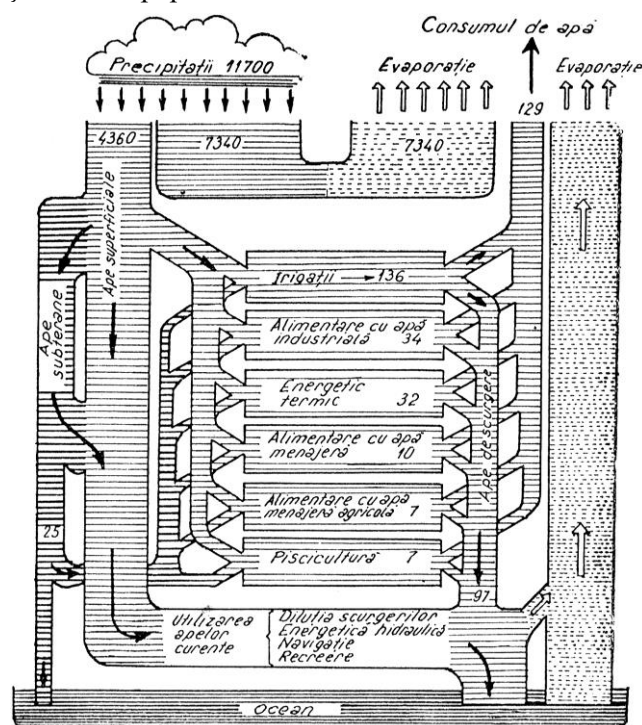


Fig. 3.2. Balanța hidrografică a fostei U.R.S.S. (volumele sunt date în km<sup>3</sup>)

Cu mici excepții, volumul maxim anual al scurgerii (60–70%) se înregistrează primăvara.

Precipitațiile medii anuale, ca și repartitia acestora este de asemenea extrem de variată pe teritoriul fostei U.R.S.S.: de la 500 mm media pe țară, se înscriu valori de 100–150 mm/an în depresiunea Aralo-Caspică, pentru ca să crească până la 1.000–1.500 mm/an în regiunile carpatice și ale Extremului Orient. Precipitațiile scad pe teritoriul fostei U.R.S.S. de la nord la sud și îndeosebi de la vest la est. Deficitul de umiditate crește spre sud-est, începând de la zona de stepă (fig. 3.3).

Din cauza condițiilor climatice și a reliefului, numai pe jumătate din teritoriul fostei U.R.S.S. se poate practica agricultura obișnuită, fără măsuri speciale. Zonele neagricole de altădată își reduc în mod simțitor perimetrul, datorită măsurilor ameliorative și hidrotehnice specifice; astfel, în anul 1973, peste 607 milioane ha erau valorificate pentru agricultură (225 milioane ha arabil; 330 milioane ha pășuni, 45 milioane ha fânețe; 4,6 milioane ha plantații). Peste 65% din teritoriul agricol se găsește în zonele cu umiditate naturală insuficientă, necesitând măsuri de irigații. După gradul de aprovizionare naturală cu apă, terenurile agricole ale țării sunt repartizate astfel:

– zona cu umiditate suficientă, în care precipitațiile medii anuale depășesc 700 mm, cuprinde numai 1% din suprafața cultivată;

– zone cu umiditate instabilă (59%), unde precipitațiile medii anuale variază între 400 și 700 mm și zone aride (40%), unde precipitațiile nu depășesc 400 mm/an.

În zonele cu umiditate instabilă sau deficitară,

fără măsuri hidroameliorative și de gospodărirea apei corespunzătoare, nu se pot asigura producții ridicate și permanente. Așa se explică „mișcarea pentru apă”, inițiată în Uzbekistan și extinsă larg și repede în întreaga țară. Prin eforturile unite ale celor două republici din sud – Uzbekistan și Tadjikistan – a fost construit Complexul Marelui Canal Fergana, format din: canalul de pe teritoriul Uzbekistan ( $L = 275$  km,  $Q = 100$  m<sup>3</sup>/s; volum terasamente = 18 milioane m<sup>3</sup>) și Tadjikistan ( $L = 75$  km); canalul Ferghana de Nord ( $L = 165$  km); barajul de acumulare Katta-Kurgan ( $V = 660$  milioane m<sup>3</sup>).

În prezent, unele zone irigabile ale țării sunt echipate cu întinse sisteme de irigații, încadrate – majoritatea – în complexe hidrotehnice cu utilizare multi-laterală a resurselor de apă și a rețelilor de aducțiune și distribuție.

### 3.1.2. UTILIZAREA INTEGRALĂ ȘI PROTECȚIA RESURSELOR DE APĂ

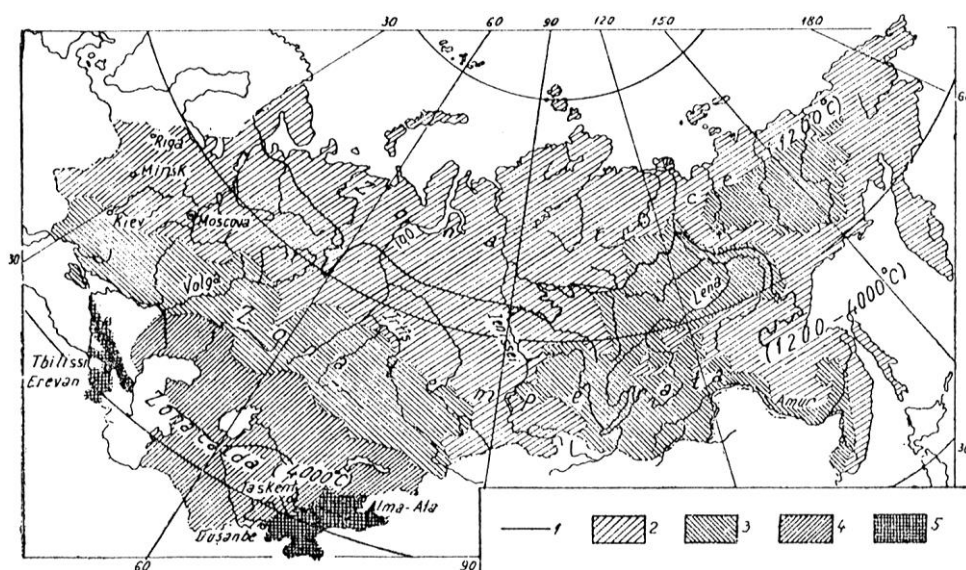
La baza concepției schemelor hidrotehnice complexe, economia apelor caută să asigure cerințele (în apă) tuturor sectoarelor interesate: agricultură și piscicultură, alimentarea cu apă a populației și industriei, energia hidrolică și transportul pe apă. Concomitent cu cerințele enumerate, soluțiile schemelor complexe vizează și măsurile de protecția apelor, regularizarea scurgerii și lupta contra eroziunii solului.

La elaborarea soluțiilor și fixarea regimului de exploatare al acumulărilor și al întregii scheme hidrotehnice, se urmărește satisfacerea cu apă a tuturor folosințelor și consumatorilor din zona respectivă. Există,

desigur, una sau două folosințe principale, care determină condițiile tehnico-economice de construire a complexului și de exploatare. Regimul de construire este stabilit după ramura – folosința de apă principală a economiei (naționale sau zonale), ținând cont obligatoriu și de interesul celorlalte ramuri.

În cele ce urmează, se vor enumera câteva exemple de complexe hidrotehnice în care rolul dominant revine diverselor sectoare ale hidro-economiei (fig. 3.4).

**Sector cu prioritate hidroenergetică.** Exemplul îl poate constitui complexul hidrotehnic axat pe lanțul de



**Fig. 3.3.** Raionarea teritoriului fostei U.R.S.S. în zone agroclimatice, după gradul de căldură și umiditate: 1 – limita zonelor în care plantele au suficientă căldură; 2; 3; 4; 5 – zone de umiditate suficientă ( $K_u > 1,0$ ); instabilă ( $K_u \approx 1$ ); insuficientă și aridă ( $K_u < 0,33$ ); 1.200°C–4.000°C – constante termice

acumulări de pe fluviul Volga și râul Kama: Ivankov, Uglicisk, Râbinsk, Gorkovsk, Kuibâșev, Saratovsk, Volgograd (pe Volga); Votkinsk și Kamsk (pe Kama) și Pavlov (pe Ufa). Volumul total al lanțului de acumulări este de 162 miliarde  $m^3$ , iar cel util este de 75 miliarde  $m^3$ . Toate acumulările de apă sunt folosite în scop complex: hidroenergetic, irigații, navigație, alimentări cu apă și piscicultură.

Cu toate că folosința hidroenergetică este prioritară, utilizarea energetică a întregului complex este limitată, prin programul de exploatare, în interesul celorlalte folosințe. Astfel, pentru utilizarea complexă a acumulărilor, se limitează amplitudinea variațiilor zilnice a deversărilor uzinelor hidroelectrice în interesul alimentării cu apă, pisciculturii și navigației.

Puterea totală a uzinelor hidroelectrice incluse în acest complex de acumulări este de 8,9 milioane kW, cu o producție medie anuală de 33 miliarde kWh.

**Sector cu prioritate navigația.** Exemplul îl poate constitui complexul hidrotehnic axat pe marea

acumulare Tsimliansk, pe fluviul Don. Aceasta asigură navigația, irigațiile, hidroenergetica, piscicultura și alimentările cu apă în zona Volga-Don-Marea de Azov. Volumul total al acumulării este de 23,8 miliarde  $m^3$ , iar volumul util este de 11,5 miliarde  $m^3$ .

Amenajările și construcțiile principale ale complexului sunt subordonate transportului pe apă atât constructiv cât și ca regim de exploatare, în timpul navigației. Complexul Tsimliansk asigură însă apa (ca debit și volum) și celorlalte sectoare, cum s-a precizat deja.

**Sector cu prioritate irigațiile.** Exemplul îl poate constitui complexul hidrotehnic Sâr-Daria, axat pe acumulările: Karakum, Ciardarinsk, Toktogulsk, Andijansk, Ciarvask. Volumul lor total de apă este de 33 miliarde  $m^3$ , iar cel util, de 24,6 miliarde  $m^3$ .

Lanțul de acumulări este utilizat în general pentru irigații și hidroenergetică, ultima folosință fiind secundară. Regimul de exploatare al acumulărilor este subordonat irigațiilor.

**Sector cu priorități duble – hidroenergetică și**

**navigație; irigații și piscicultură; irigații și hidroenergetică sau în complex.** E-

xemplul îl poate constitui complexul hidrotehnic Nipru, cu prinzând acumulările de apă: Kievsk, Kanevsk, Kremenciugsk,

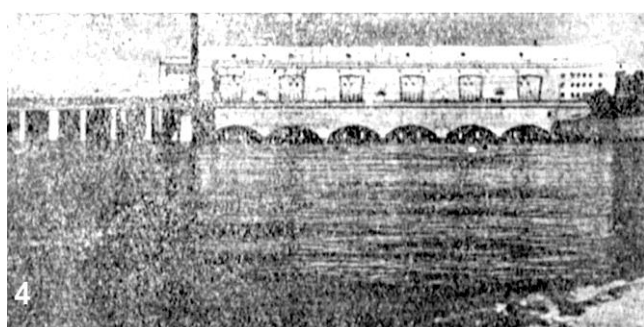
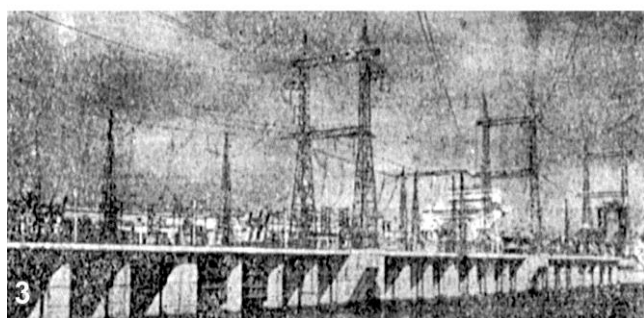
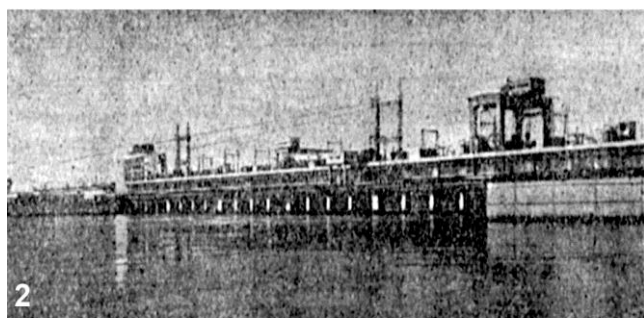
Dneprodzerdzinsk, Dneprovsk (centrala H.E. a Niprului Lenin) și Kahovsk (fig. 3.5).

Volumul total de apă al acumulărilor acestui lanț este de 43,9 miliarde  $m^3$ , iar cel util, de 18,1 miliarde  $m^3$ . Toate aceste mari amenajări au folosit complexe: hidroenergetică, navigație, irigații, piscicultură, alimentări cu apă, regularizări de scurgeri – prin înmagazinarea undelor de viitură, agrement.

Hidroenergetica și navigația constituie partea constructivă principală a acestui complex.



Fig. 3.4. Rețele hidrotehnice complexe în partea europeană a fostei U.R.S.S.



**Fig. 3.5.** Amenajări H.E. pe Nipru: 1 – Kiev; 2 – Kanev; 3 – Kremenciugsk; 4 – Kahovsk ( $V_{ac}=18,2$  miliarde  $m^3$ ).

Face excepție acumulara Kahovsk, care are destinație prioritară pentru irigații și piscicultură; construcțiile, umplerea, deversarea, regimul de exploatare – sunt dictate de cerințele pentru irigații.

Puterea instalată a uzinelor hidroelectrice ale lanțului de acumulări este de 2,7 milioane kW, iar producția medie anuală este de 9,3 miliarde kWh.

Utilizarea hidroenergetică a acumulărilor de pe Nipru este limitată și de deservirea altor folosințe, și în primul rând de irigații.

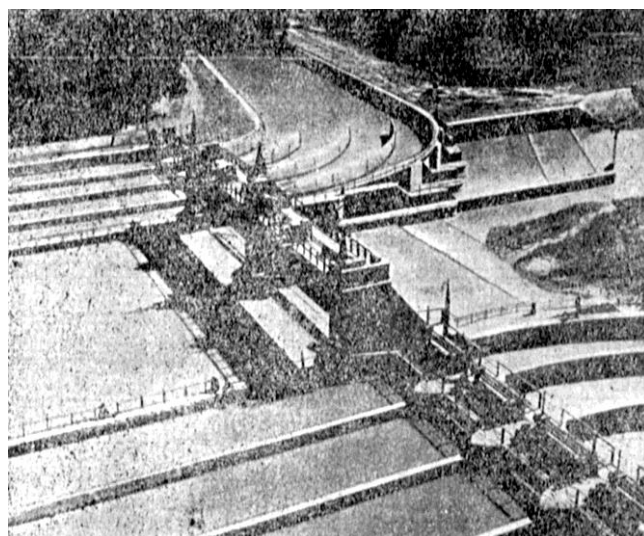
Pe lângă asigurarea cu apă a tuturor sectoarelor, schemele hidrotehnice complexe ale fostei U.R.S.S. rezolvă și alte probleme importante: menținerea unui anumit regim hidrobiologic și hidrochimic al apelor, sau menținerea anumitor regimuri ale nivelurilor unor mări (Caspică, Arai, Azov), printr-o nouă repartiție a scurgerii fluviilor, care prezintă variații foarte mari.

### 3.1.2.1. Utilizarea resurselor de apă pentru amenajarea terenurilor, în principal pentru irigații

Dezvoltarea agriculturii nu este posibilă în zonele deficitare în apă fără irigații. Pentru cerințele agriculturii, se consumă în fosta U.R.S.S. aproape 50% din apa folosită în economia națională. În anul 1975 se consumau anual peste 150 miliarde  $m^3$  apă în agricultură (îndeosebi pentru irigații), iar cifrele de perspectivă indicau creșteri de 1,8-2 ori. Peste 98% din volumul de apă valorificat în irigații provine din apele de suprafață și numai 2% din cele subterane.

La începutul anului 1973, capacitatea utilă a acumulărilor de apă, numai pentru irigații, depășea 17 miliarde  $m^3$ ; acestea se găsesc în principal în Asia Centrală și Kazakhstan (tabel 3.1).

În N-E Asiei Centrale, în R. Kirghiză, sunt în curs de extindere amplele sisteme de irigații (în văile Ciu și Talas, în depresiunea Isâk-Kul), pentru culturile de cereale, sfeclă de zahăr, plante oleaginoase etc. Sunt amenajate circa 1 milion ha. Soluțiile pentru construirea barajului de pe Ciu, prin care s-a creat acumulara Ortotokoisk, din care pornește marele canal Ciu ( $Q = 58 m^3/s$ ,  $L = 148 km$ ), ca și pentru barajul Ciumâș, în amonte de care se află prizele de apă ale canalelor de irigații Atbași și Gheorghievski, sunt lucrări hidrotehnice de mare complexitate (fig. 3.6).



**Fig. 3.6.** Amenajarea pentru irigații Ciumâș, pe râul Ciu (R. Kirghiză); centrul de priză



**Tabel 3.1.** Acumulările de apă pentru irigații

Rezervoare de apă	Volum (milioane m <sup>3</sup> )	Rezervoare de apă	Volum (milioane m <sup>3</sup> )
<i>R. Uzbekistan</i>		<i>R. Kirghiză</i>	
Kattakurgansk	800	Ortotokoisk	470
Iujnosurskansk	800	Toktgulsk	90
Tirkurgansk	450	Apartcinsk	40
Kuimazarsk	300	Naimansk	39
Taşchentsk	250	Bazarkurgansk	23
Karkidonsk	180	<i>R. Tadjikistan</i>	
Kassansaisk	165	Kattassaisk	55
Uşkizilsk	160	Muminabads	25
Paşkamarsk	150	Selbursk	20
Djizaksk	60	<i>R. Turkmenia</i>	
<i>R. Kazakhstan</i>		Karakumsk	805
Sergheevsk	693	Kauzkansk	750
Bugunsk	370	Murgabsk	317
Tersaşibulaksk	158	Tedjensk	251
Kurtinsk	120	Atreksk	40
Djezdinsk	76		
Uideninsk	75		

**Tabel 3.2.** Canale magistrale, cu parametrii principali

Canal	Lungime (km)	Debit la capătul amonte al canalului (m <sup>3</sup> /s)	Destinația principală
Canalul magistral Kakhovka	130	530	IA
Canalul Karakumsk	850	367	IN
Irtâş-Karaganda	450	75	AI
Crimeea de Nord	403	294	IA
Canal Kuibâşev	279	360	I
Marele Canal Ferghana Iusupov	270	100	I
Nipru – Dombas	263	120	I
Levo – Egorlyskii	220	–	AI
Krasnoznamenskii	161	365	I
Marele canal Stavropol	267	180	I
Tersko-Kremiski	150	100	I
Cernozemelski	135	40	I
Donsk	125	160	I
Severski Donets – Dombas	125	32	AI
Pravoeorliksk	123	45	AI
Saratovsk	122	50	I
Marele canal al Andijanului	110	200	IA
Canalul Volga – Don Lenin	101	100	NI
Kuma Manickii	97	60	I
Nevinnomisk	49	75	I
Nipru – Krivoi-Rog	42	41	IA

I – irigație; N – navigație; A – aprovizionare cu apă.

Tot în R. Kirghiză s-au realizat importante amenajări complexe, pentru irigații și hidroenergie: acumularea Kirovsk pe râul Talas –  $V_a = 550$  milioane m<sup>3</sup>; suprafața irigată – 55.000 ha; lanțul acumulărilor Toktogul-Naryn,  $V_a = 119,5$  miliarde m<sup>3</sup>, care vor permite să se asigure și regularizarea multianuală a scurgerii în b.h. Sâr-Daria.

Pentru irigații, s-au construit în fosta U.R.S.S. numeroase canale magistrale (în tabelul 3.2 se prezintă cele mai importante).

Pe lângă marile amenajări hidrotehnice cu caracter complex, în fosta U.R.S.S. se desfășoară ample măsuri pentru creșterea randamentului rețelelor de irigații și al valorificării apei. Printre acestea se pot enumera:

- optimizarea metodelor de utilizare a resurselor de apă, prin: perfecționarea calculelor hidrologice de bilanț hidric și salic, a calculelor tehnico-economice; selectarea parametrilor optimi constructivi ai sistemelor de irigații noi și de reamenajare a sistemelor în funcțiune;

- perfecționarea planificării și a comenzii operaționale de utilizare a apei, pe baza calculelor disponibilului de apă al surselor și optimizarea valorificării apei, avându-se în vedere și noile redistribuiri teritoriale ale scurgerilor;

- lucrări de creștere a eficienței folosirii apei, prin: perfecționarea tehnicii de irigații și organizarea rațională a muncii de udare, utilizarea culturilor agricole cu randamente ridicate la irigații;

- intensificarea și perfecționarea măsurilor de combatere a infiltrațiilor, care conduc la creșterea randamentului sistemului de irigații.

### 3.1.2.2. Utilizarea hidroenergetică a resurselor de apă

Potențialul hidroenergetic al fostei Uniuni Sovietice reprezintă 12% din potențialul mondial, însumând 450 milioane kW – putere (din care 371 milioane kW în partea asiatică a țării) și 3.942 miliarde kWh – energie (din care 3.250 miliarde kWh, în partea asiatică) – potențialul teoretic global al scurgerilor fluviale ale țării.

Potențialul tehnic hidroenergetic este estimat la 2.100 miliarde kWh, iar potențialul economic hidroenergetic (admisibil din punct de vedere al eficienței economice) este de 1.095 miliarde kWh. Resursele hidroenergetice pot asigura obținerea a peste 15% din producția totală de energie electrică a țării.

Problema hidroenergetică este tratată în fosta U.R.S.S. – în majoritatea cazurilor – în complex (atât soluțiile constructive, cât și modul de exploatare), urmărind atât producerea de energie electrică cât și aprovizionarea cu apă a populației și industriei, irigarea terenurilor agricole, piscicultura și navigația, ca și

apărarea contra inundațiilor a zonelor limitrofe. Amplasarea și exploatarea în cascadă hidroenergetică permit o utilizare mai eficace a apei (exemplu: lanțul de hidrocentrale de pe Volga, Nipru, Kama, Svir, Circik). Printre marile centrale hidroelectrice construite se pot enumera: Krasnoiarsk ( $P = 6$  milioane kW); Bratsk ( $P = 4,1$  milioane kW); Volgograd ( $P = 2,5$  milioane kW); Kuibâșev ( $P = 2,3$  milioane kW); Saiano – Șușenskaia pe Enisei ( $P = 6,4$  milioane kW); Nurek pe Vahș ( $P = 2,7$  milioane kW); Cirkei pe Sulak ( $P = 1$  milion kW); amenajarea complexă hidroenergetică Sevan – Razdan (Armenia), cu lanțul celor 6 H.E.

La nivelul anului 1975 se utiliza, pe țară, peste 20% din potențialul energetic (42% din acesta era instalat în partea europeană a fostei U.R.S.S.), iar planul de execuție a noilor amenajări hidroenergetice se afla în plină desfășurare în regiunile Siberiei, Extremului Orient, Transcaucaziei, Caucazului de Nord etc.

În anul 1969, pe coasta mării Barentș a fost dată în exploatare uzina hidroelectrică marină (care utilizează forța motrice a mareelor) Kislogub ( $P = 400$  MW). În program se afla și execuția uzinei marine Lumbovsk – Kola ( $P = 320$  MW), precum și studiul a încă 3 uzine hidromarine la golful Mezen (pentru o producție anuală de 40 miliarde kWh).

### 3.1.2.3. Utilizarea resurselor de apă pentru transport

Schemele hidrotehnice complexe ale fostei U.R.S.S., cu rol prioritar pentru navigația interioară, rezolvă implicit și celelalte probleme hidro-economice

ale teritoriului străbătut: hidroenergetică, canale cu destinații complexe – irigații, alimentări cu apă, legarea unor regiuni îndepărtate etc.

Sunt angajate în acțiunea de navigație interioară a fostei U.R.S.S.: peste 2.000 râuri, 255 lacuri și 10 acumulări foarte mari. Lungimea căilor de apă naturale reprezintă aproape 146.000 km (respectiv 87%), în timp ce lungimea căilor de apă artificiale, aproape 13% din lungimea totală a căilor de apă aflate în exploatare. Cu toate acestea, traficul comercial al transporturilor pe căile artificiale de apă se ridică la peste 60% din volumul total (al transporturilor pe apă).

Transportul pe ape interioare este dezvoltat în toate zonele fostei U.R.S.S.: peste 20% în Siberia și Extremul Orient; în regiunile centrale ale țării transportul pe apă este combinat cu cel pe calea ferată. Pe cea mai mare parte din rețelele navigabile (peste 90%) sunt asigurate condițiile geometrice și hidraulice optime (adâncimi-pescaj, raze de racordare, viteze de circulație) cerute de vasele de mare tonaj.

În partea europeană a fostei U.R.S.S. s-au construit ample rețele de navigație interioară, axate pe Volga și Kama, canalele Volga – Baltica, Volga – Don (fig. 3.7) și canalul Moscova, care au facilitat totodată dezvoltarea unor ample sisteme de irigații și hidroenergetice. Rețeaua interioară de mai sus însumează peste 6.000 km lungime, cu adâncimi de exploatare de circa 3,5 m specifice vaselor de mare tonaj.

În fosta U.R.S.S. este de fapt terminată construcția marilor complexe hidrotehnice în cascadă de pe Volga, Kama, Nipru, Svir, Obi, Irtâch, Don și altele.

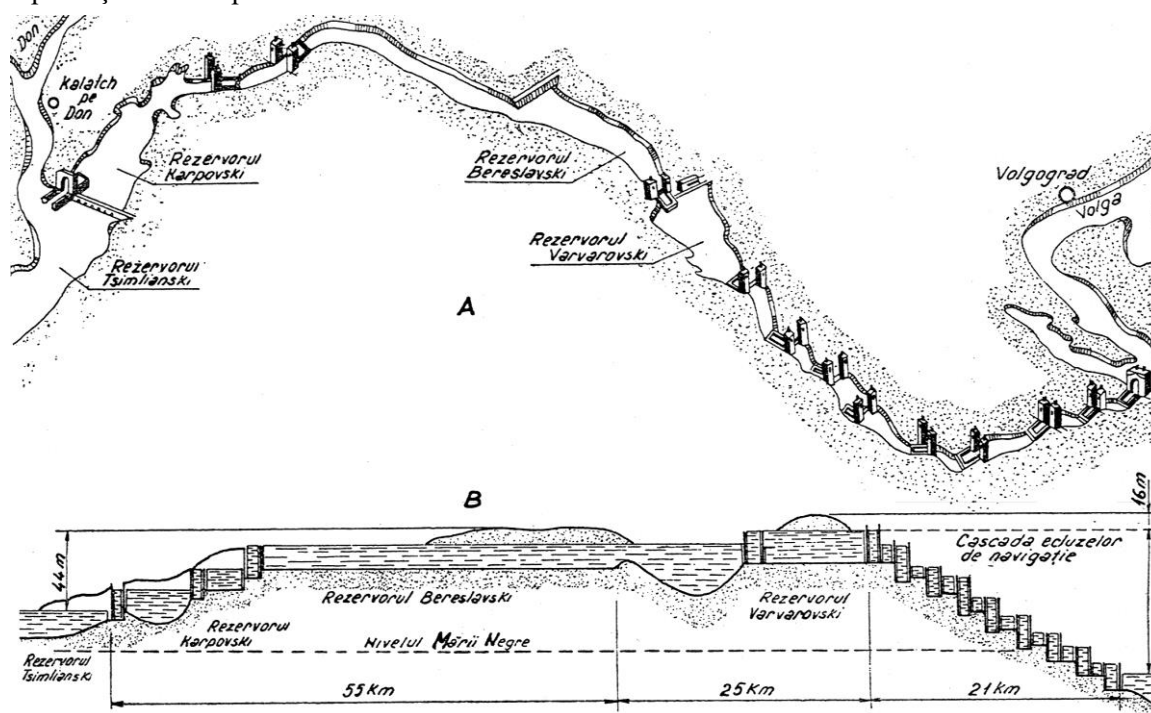


Fig. 3.7. Schema canalului navigabil Lenin – Volga – Don: A – plan; B – profil transversal schematic prin canal.



Bazinele Niprului, Donului și Volgăi au mare importanță pentru transportul pe apă în partea europeană, după cum, în partea asiatică, au mare importanță amenajările complexe ale fluviilor și canalelor: Amu-Daria, Carakum, Obi-Irtâch, Angara-Enisei, Lena și Amurul în Extremul Orient.

Concomitent cu amenajarea căilor navigabile se regularizează și cursurile de apă – rectificări de albiu, dragări, acumulări – și se efectuează și celelalte amenajări sau construcții de folosire complexă a apei și a rețelelor hidrotehnice (ex. Volga – Don).

#### **3.1.2.4. Utilizarea resurselor de apă pentru economia piscicolă**

O altă ramură a economiei fostei U.R.S.S., care valorifică toate resursele de apă ale țării, inclusiv amenajările complexe, este piscicultura. Mările interioare, fluviile, acumulările, eleșteele, canalele marilor sisteme de irigații și desecări, amenajările de transporturi pe apă și cele hidroenergetice, constituie fondul de ape interioare, care au o mare importanță pentru economia piscicolă.

Datele publicate în anul 1975 arătau că resursele de apă valorificate prin piscicultură cuprindeau: 350 mii km râuri și canale, 26 milioane ha iazuri, peste 6 milioane ha rezervoare de apă.

#### **3.1.2.5. Utilizarea apei pentru satisfacerea cerințelor comunale, menajere, agricole și industriale**

În anul 1975, aproximativ 95% din orașele fostei U.R.S.S. erau aprovizionate cu apă în sistem centralizat. Conductele și rețelele urbane de apă depășeau lungimea de 200.000 km.

Sursele de apă pentru orașe le constituie, în principal, fluviile și râurile. Consumul mediu specific comunal este de 216 litri pe zi și locuitor, ceea ce corespunde, pentru alimentarea orașelor, prevăzute cu rețele centralizate, la 12 miliarde m<sup>3</sup> pe an. În perspectivă, se prevede creșterea consumurilor la 400 litri pe zi și locuitor în orașe. Este prevăzută, de asemenea, alimentarea centralizată cu apă a unui număr important de comune, sate și ferme, cu un volum anual de circa 40 milioane m<sup>3</sup>, din care 10 milioane m<sup>3</sup> pentru cerințele populației.

Avându-se în vedere consumurile mari de apă, în special pentru industrie, care ajung la 30-35 miliarde m<sup>3</sup> anual, cu perspectiva dublării, s-a inițiat un plan de măsuri, ce are ca obiective:

- reducerea captărilor de apă proaspătă, prin conservarea calității, aplicarea unor măsuri antipoluante, recirculația, îndeosebi în industria producătoare de energie termică, care consumă circa 50% din apa captată pentru industrie;

- reducerea consumurilor prin perfecționarea proceselor tehnologice, prin aplicarea de noi procedee în industrie, care reduc considerabil reziduurile lichide, prin captarea substanțelor care se găsesc în apele reziduale, prin neutralizarea apelor reziduale industriale;

- automatizarea tuturor proceselor legate de aducțiune, distribuție, recirculație etc.

Într-o serie de zone ale țării, aprovizionarea cu apă a centrelor populate, agroindustriale, este rezolvată în concordanță cu amenajările hidro-ameliorative ale teritoriului (ex. în Uzbekistan – Stepa Golodnaia, în Krasnodar).

#### **3.1.2.6. Acțiuni – măsuri contra efectelor nefavorabile ale apei**

Paralel cu utilizarea și protecția resurselor hidrolice, în fosta U.R.S.S. se desfășoară un plan larg de măsuri de luptă contra diverselor forme de influențe negative ale apelor:

- contra inundațiilor zonelor agricole, industriale, populate și a diverselor obiective;
- contra scurgerilor-avalanșelor torențiale (cu pământ și pietre);
- contra eroziunilor de suprafață a solurilor;
- contra degradării coastelor, plajelor, taluzurilor, malurilor (la mări, lacuri, acumulări, râuri);
- contra formării ravenelor și torenților;
- contra excesului de apă.

**Protecția contra inundațiilor.** Protecția centrelor populate, a obiectivelor industriale, a căilor mari de comunicații și a terenurilor agricole, se face prin diverse procedee, în funcție de natura sursei de inundație, timpul de transmitere, gradul de importanță și mărimea obiectivelor de apărut.

Marile inundații provocate de cursurile de apă au ca sursă de alimentare fie ploile abundente, fie topirea zăpezilor și a ghețarilor.

Inundațiile afectează curent peste 340 localități mari (cu populație peste 25.000 locuitori), situate atât pe râurile și fluviile din Extremul Orient și Asia Centrală (ex. pe râurile alimentate de ghețarii Pamirului), cât și pe Kuban, Terek, Tisa. Inundațiile sunt destul de grave și la gurile fluviilor, antrenând mari valuri în zona de vărsare în mare, ca de exemplu la vărsarea Nevei, aproape de Leningrad.

Se aplică în fosta U.R.S.S. două grupe de metode de luptă contra inundațiilor: metode active – reglarea scurgerii cursurilor de apă prin bazine de acumulare, pentru reducerea vârfurilor de viitură, reglarea scurgerii în bazinele de recepție etc. și metode pasive – îndiguirea cursurilor de apă, regularizarea albiilor (tăierea meandrelor), adâncirea patului.

**Protecția contra fenomenelor catastrofale de tipul avalanșelor noroioase și cu piatră.** Una din ca-

limitățile naturale cu grave repercusiuni social-economice, care se reliefează pe cursurile superioare – montane din Asia Centrală (ex. regiunea Alma-Ata), din Caucazul de Nord, Kazakhstan, Crimeea, în partea meridională a Siberiei orientale, în Ferghana, Altai, Turkmenia etc. o constituie scurgerile torențiale – avalanșele formate în timpul ploilor torențiale, îndeosebi după perioade prelungite de secetă. Avalanșele transportă mari cantități de noroi și piatră (faza solidă ajungând la 40-60%, conținutul general de aluviuni fiind de 20-50%), iar în sectoarele cu pante mari (peste 3-4%) provoacă adevărate catastrofe.

Ploile torențiale intensive, suprapuse peste topirea zăpezii și ghețarilor, spală și transportă din zonele superioare – montane – cantități enorme de piatră, material grosier și noroi, care pot înscrie grosimi de până la 10 cm în medie, la o viitură, pe suprafețe de recepție ce pot ajunge și la 100 km<sup>2</sup>. Ca măsuri de luptă contra avalanșelor de noroi și piatră se diferențiază în fosta U.R.S.S. două grupe: cele care se practică în zonele de formare a avalanșelor, cu rol de prevenire și măsurile contra avalanșelor deja formate, fie pe traseu, fie în fața obiectivelor de protejat.

Prima grupă de măsuri constă în amendamente, înșămânțări, plantații forestiere, canale de interceptie și evacuare, construcții de baraje, praguri de fund, compensări de pante și limitarea – raționalizarea pășunatului, iar în grupa a doua se înscriu: rețineri de avalanșe de noroi, baraje de reținere a torenților noroioși, rigole, canale laterale etc.

Măsurile din prima grupă au rol de protecție antierozională și se aplică în partea superioară a bazinului hidrografic. Măsurile din grupa a doua, aplicate în sectoarele de tranzitare a avalanșelor de noroi, în văi, sunt de tipul obstacolelor transversale, alese după caracteristicile avalanșelor și pot fi: sub formă de baraje cu înălțimi limitate și diguri filtrante, cu rol de reținere numai a materialului grosier și cu trecerea în aval a torentului de apă. Aceste soluții sunt generalizate în bazinele hidrografice Kișciai (Azerbaidjan) și Durudji (Georgia) sau pe anumite sectoare ale canalului Ferghana.

În cazul în care valea torențială este traversată de căi de comunicații sau de conducte de gaze și petrol, avalanșa este dirijată pe dedesubt sau pe deasupra, în funcție de relieful terenului.

Exemple deosebite și cu eficiente maxime de luptă contra avalanșelor de noroi și pământ, pentru cele două grupe de lucrări enumerate, pot fi văzute în protejarea localităților Fergana, Andijan și Alma-Ata. Pentru ultimul caz (Alma-Ata) s-a amenajat pe conul de dejecție al râurilor Almatinka (mare și mică) rezervorul Medeo ( $V = 6$  milioane m<sup>3</sup>), cu baraj din anrocamente, care a fost capabil să rețină la o singură ava-

lanșă (seara zilei de 15 iulie 1973) un volum de amestec – roci, argilă, nisip, apă – de 4 milioane m<sup>3</sup>. Puterea acestei avalanșe a fost estimată la  $8,8 \cdot 10^6$  kW, iar înălțimea valurilor avalanșei a depășit 30 m. În spatele barajului au rămas, după scurgerea apei, peste 3 milioane m<sup>3</sup> piatră și roci. După trecerea avalanșei s-a re-proiectat amenajarea de protecție (Medeo) pentru o supraînălțare de 35 metri, iar volumul acumulării a sporit de 2,5 ori. S-au construit de asemenea galerii pentru descărcarea apelor, precum și canale de ocolire pentru protecție.

**Protecția contra eroziunii solului.** În diferite zone ale fostei U.R.S.S., procesele de eroziune a solului au fost atât de avansate, încât au determinat declanșarea unei acțiuni la scară națională.

Peste 100-120 milioane ha terenuri agricole sunt afectate de eroziuni hidraulice și eoliene, în zonele înalte ale Transcaucaziei, Carpaților și Asiei Centrale și peste 60 milioane ha terenuri agricole sunt afectate de eroziuni hidraulice în Ucraina, în zona centrală, în regiunile Volga și în Siberia, în afara scăderii producțiilor agricole, eroziunile provoacă mari prejudicii și rețelelor de irigații și acumulărilor de apă, pe care le pot scoate din funcțiune, prin colmatare, într-un timp scurt. Lupta contra eroziunii hidraulice este strâns legată de lupta contra eroziunii eoliene.

Măsurile contra eroziunii hidraulice au la bază principiul reglării scurgerii superficiale, care se materializează prin: măsuri agrotehnice și prin măsuri hidrotehnice – canale de reținerea și dirijarea apei, baraje pe ravene, căderii consolidate pe debușee și ravene, praguri de fund, îndeosebi în regiunile de stepă cu umiditate instabilă și insuficientă. Un rol important revine soluției de irigații prin limane (irigarea monoanuală), ca măsură de luptă contra eroziunii, prin efectul regularizant ce-l au micile acumulări pe versant.

**Protecția contra excesului de apă.** Se întreprind vaste amenajări de asanări, desecări, drenaje, care devin prioritare în unele zone ale fostei U.R.S.S.

Astfel, în regiunea centrală și de N-V a Rusiei, în republicile baltice, în Siberia și în Extremul Orient, cu mari întinderi de terenuri umede și mlăștinoase, s-au amenajat în ultimii ani importante rețele de drenaj însoțite de nivelări, amendări, scarificări, subsolaje, tratamente antiacide, amenajări de turbării etc.

În perioada 1966-1973, în Rusia au fost asanate 2 milioane ha și defrișate 7,6 milioane ha.

În fosta U.R.S.S. se află peste 92 milioane ha terenuri care reclamă sisteme hidroameliorative cu dublă funcțiune, ce permit nu numai desecarea, dar și umectarea solurilor în perioadele secetoase. Acestea sunt situate în Rusia (75,3 milioane ha), în Bielorusia și Ucraina (11,3 milioane ha), în republicile baltice (4,8 milioane ha), în Georgia occidentală etc.

În prezent, zeci de mii de hectare sunt echipate cu asemenea sisteme cu dublă funcțiune (fig. 3.8).

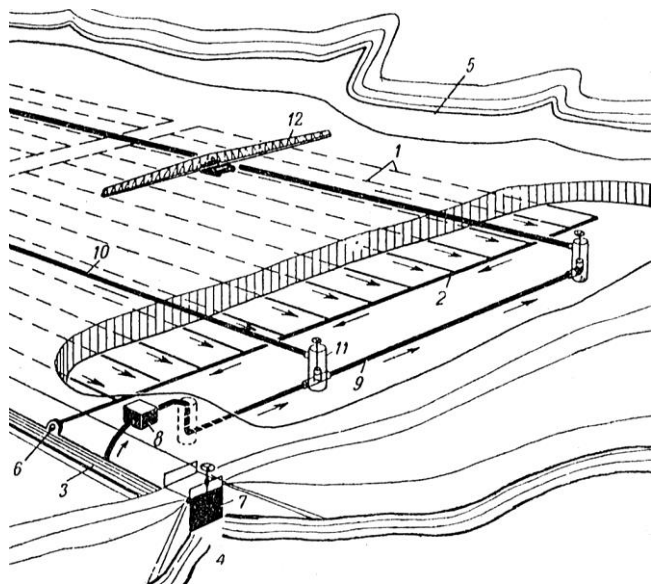


Fig. 3.8. Schema de principiu a unui sistem de desecare și irigare închis: 1 - rețeaua de desecare-regularizare (drenuri); 2 - colector de drenaj; 3 - canal principal (de aducțiune și evacuare); 4 - colectorul de apă; 5 - canal în rambleu; 6 - gura colectorului de drenaj; 7 - vană de reglare; 8 - stație de pompare; 9 - conductă principală; 10 - conductă de irigare-udare; 11 - căminul vanelor; 12 - instalație de udare (aspersiune)

În Ucraina sunt realizate sistemele duble: Trubej (32.000 ha), Tur (10.000 ha), Irpen (8.000 ha) etc.; pentru Extremul Orient este de reținut sistemul cu dublă funcțiune Sivakov.

Terenurile mlăștinoase și cu umiditate instabilă se pot transforma, prin asemenea amenajări, în foarte bune terenuri arabile, de fâneață și pășune, ca și pentru culturi de zarzavat.

În țările baltice, drenajul închis este aplicat aproape 100% pe suprafețele desecate, date în exploatare.

**Protecția resurselor de apă contra poluării și epuizării.** În fosta U.R.S.S. se desfășoară ample acțiuni pentru protecția calității apelor și evitarea epuizării resurselor de apă. O serie de legi reglementează obligațiile tuturor cetățenilor, întreprinderilor și organizațiilor interesate, în folosirea și protecția apelor. Ca exemplificare, pot fi enunțate:

- măsurile de prevenire a poluării Mării Caspice (1968);
- măsurile de conservare și utilizare rațională a complexului natural Lacul Baikal (1969);
- măsurile de prevenire a poluării bazinelor Volgăi și Uralului (1972);
- fundamentele legislației hidraulice (1970);
- codurile hidraulice, în conformitate cu condițiile concrete ale fiecărei republici.

Principalele surse poluante ale apelor superficiale sunt: apele reziduale tehnice, apele menajere și de mine, îngrășămintele chimice și produsele chimice toxice folosite în agricultură, exploatarea petroliere etc. Epurarea apelor reziduale se efectuează pe ambele căi: naturală și artificială.

Epurarea naturală - prin câmpuri de irigare și filtrare - se bucură de o mare atenție în fosta U.R.S.S. În anul 1975 existau peste 100.000 ha irigate cu ape uzate, ceea ce echivala cu evitarea deversării în râuri a peste 350 milioane m<sup>3</sup> apă uzată. Cea mai mare suprafață irigată cu ape uzate se află în Ucraina, circa 65.000 ha. Apele uzate, provenite în general de la orașe, sunt epurate, în prealabil, artificial, biologic.

Problema valorificării apelor reziduale prin irigații se află în atenția specialiștilor și organelor de stat interesate în această acțiune. Studiile de prognoză arată că peste 5 milioane ha (îndeosebi pășuni) vor putea fi irigate cu ape reziduale. Aproape 100% din apele uzate ale crescătorilor de animale și de la ferme, aproape 90% din evacuările de la industriile alimentare și circa 20% din apele reziduale ale localităților vor fi folosite în viitor la irigații. Aceasta va conduce și la evitarea unei deversări anuale de 13 milioane m<sup>3</sup> ape reziduale, precum și la economisirea unei cantități de îngrășământ mineral de peste 3 milioane tone pe an.

## 3.2. EXEMPLE DE SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN ZONA ASIEI CENTRALE A FOSTEI U.R.S.S., ÎNTRE AMU-DARIA - ZERAVȘAN - SÂR-DARIA

În trecut, teritoriul celor patru republici federative din Asia Centrală (Tadjică, Uzbekă, Turcmenă și Kirghiză) era echipat cu sisteme rudimentare de canale pentru aducțiunea și distribuția apei (pentru irigații în special), construite din pământ, foarte lungi și sinuoase, din care apa se distribuia numai cu roți și folosind ca forță animalele. Teritoriile, dominate de fluviile Amu-Daria și Sâr-Daria, sunt străbătute de mari rețele hidro-tehnice, concepute după soluția folosirii complexe a apei și a întregului echipament hidrotehnic. Aceste rețele au rezultat fie prin modernizarea unor vechi sisteme, fie prin realizarea unor noi amenajări hidraulico-agrar și energetice. Prin aceasta, s-a rezolvat și problema lipsei de apă și a celei de energie în zonele respective.

Din Asia Centrală vor fi prezentate câteva scheme hidrotehnice aflate pe teritoriul R. Tadjică și R. Uzbekă (fig. 3.9), care au fost văzute de autor în vizita documentară din anul 1975, cu ocazia Congresului al IX-lea Internațional de Irigații și Drenaje - Moscova.



Fig. 3.9. Zona străbătută de fluviile Amu-Daria și Sâr-Daria.

### 3.2.1. SCHEME HIDROTEHNICE ÎN R. TADJICĂ (TADJIKISTAN)

R. Tadjică este situată în sud-estul Asiei Centrale, cu o suprafață de 143,7 mii km<sup>2</sup>; are cea mai mare parte a teritoriului cu o altitudine ce depășește 3.000 m.

R. Tadjică este țara munților înalți și a văilor fertile, a ghețarilor gigantiști și a stepelor aride. Aici se întâlnesc cele mai înalte lanțuri de munți din lume (Tian-Cian, Hinducș, Himalaia, Pamir). Zonele muntoase ocupă 93% din suprafața totală, iar câmpiile – luncile marilor cursuri de apă (Sâr-Daria, Vahș, Kafirnigan, Piandj și Amu-Daria) nu ocupă decât 7%.

Clima Tadjikistanului este toridă, uscată și excesiv continentală: vara este excesiv de cald, iar iarna înscrie temperaturi asemănătoare regiunilor siberiene. Flora este măreață și foarte diversă, cu aproape 5.000 specii de plante sălbatice și cultivate, de la specii subtropicale și septentrionale, până la cele arctice.

Radiațiile solare sunt atât de puternice, încât poezii numesc Tadjikistanul „țara soarelui deplin”. Soarele – atât de puternic aici – nu poate fi generos pentru om decât în prezența apei. În Tadjikistan nu este lipsă de apă, dar râurile nu străbat zonele cu cele mai mari cerințe de apă. Aceasta este și cauza care a condus la soluții de mari derivații interbazinale, cuplate cu valorificarea enormelor resurse hidroenergetice.

Terenurile susceptibile a fi irigate, în suprafață de peste 1 milion ha, sunt situate în văile râurilor și în

zonele de la baza versanților. Agricultură este bazată în cea mai mare măsură pe irigații (peste 70%), cultivându-se: cereale (42%); culturi industriale (34,8%) din care bumbacul ocupă 33,2%; cartofi, legume și alte culturi (3,5%); plante furajere (19,70%).

Dezvoltarea industrială a țării a început prin prelucrarea bumbacului și a celorlalte produse agricole. Materiile prime locale, rezultate din agricultură și din bogatele depozite miniere, au permis dezvoltarea unor mari complexe agroindustriale, metalurgice, rafinării de petrol, construcții de mașini, materiale de construcții etc.

Rezervele de energie hidroelectrică sunt considerabile, făcând ca Tadjikistanul să ocupe locul doi în fosta U.R.S.S. – după Rusia. S-au construit centralele hidroelectrice pe Varzob, pe Gunt (centrala Khorog), pe Sâr-Daria (centrala Kairakum, una din cele

mai puternice ale Asiei Centrale) și altele.

În *Tadjikistanul de nord* – regiunea Leninabad, caracterizată prin cursuri mici de apă (Khodjabakkirgan, Aksu, Isfara, Isfana), nu a fost posibilă extinderea irigațiilor decât prin aducțiuni importante (de apă) din Sâr-Daria, prin acumulări artificiale (ex. Ac. Katasaiki,  $V = 35$  milioane m<sup>3</sup>) ale scurgerilor de iarnă ale râurilor locale, prin derivații din complexul hidroenergetic Farhad etc. S-au realizat astfel mari sisteme de irigații în regiunile Așski, Kambadski (cu apă din Sâr-Daria) și în stepa Golodnaia – partea tadjică (39 mii ha, cu apă din canalul H.E. Farhad). În această zonă, tehnica de irigat este dublată de drenaj orizontal și chiar vertical.

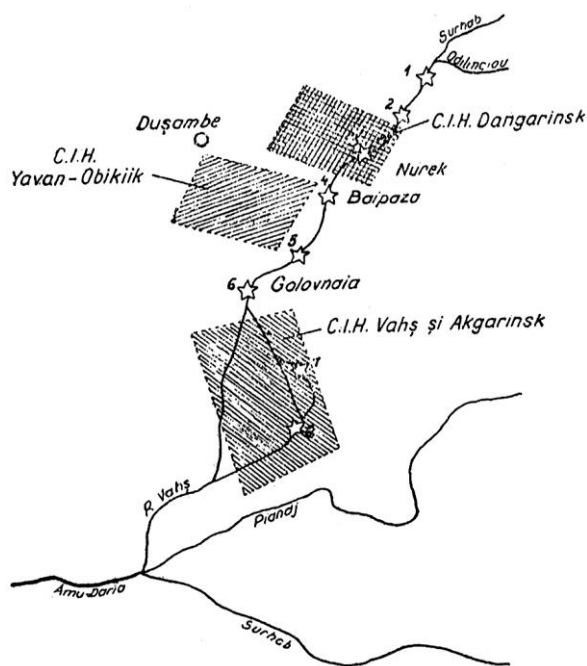
În *Tadjikistanul de sud* – în bazinele râurilor Vahș, Piandj și Kafirnigan s-au realizat, începând din anul 1932, cele mai mari amenajări complexe hidrotehnice, care vor fi prezentate pentru originalitatea și funcțiile lor combinate (hidroenergetică, irigații, alimentări cu apă).

#### 3.2.1.1. Bazinul hidrografic al râului Vahș

Pe râul Vahș, unul dintre cele mai importante din Tadjikistan, s-a realizat o cascadă de 8 amenajări hidroelectrice (fig. 3.10); amenajările Nurek și Baipaza ocupă primul loc, prin rolul pe care-l au, atât în irigarea terenurilor din sudul Asiei Centrale, cât și prin soluția de conexiune interbazinală realizată. Acumularea Nurek, cu un volum util de 4,5 miliarde m<sup>3</sup>, împreună cu retenția Tuiaumuium de pe fluviul Amu-Daria, permit

valorificarea unui volum util de apă la etiaj de 10 miliarde  $m^3$ , în scopul creșterii suprafeței irigate cu circa 1 milion ha, în zona culturilor de bumbac din sudul Asiei Centrale.

Amenajările hidrotehnice de pe râul Vahș au fost determinante în realizarea a trei mari complexe de irigații. În cele ce urmează se va face o scurtă prezentare a acestor trei mari complexe de irigații, precum și a amenajărilor hidroenergetice și de conexiuni interbazinale care le-au asigurat apa și energia necesare.



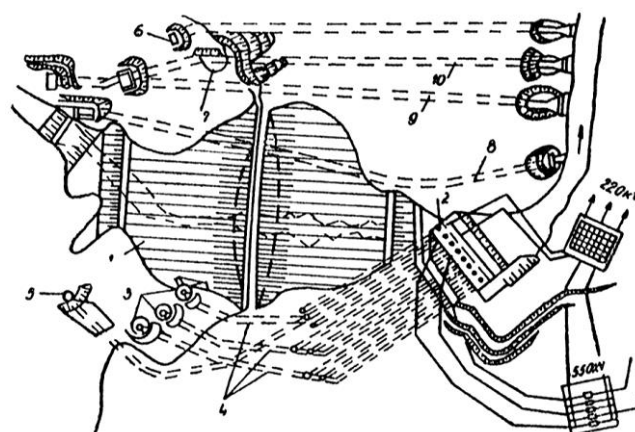
**Fig. 3.10.** Schița de amplasare a complexelor hidroelectrice (H.E.) și de irigații (C.I.) de pe Vahș: 1 – H.E. Rogunskala; 2 – H.E. Surobskaia; 3 – H.E. Nurek; 4 – H.E. Baipaza; 5 – H.E. Sangtudinskaia; 6 – H.E. Golovnaia; 7 – H.E. Perepadnaia; 8 – H.E. Tsentralnaia.

*Complexul hidrotehnic – de irigații și hidroenergetic – (C.I.H.) Vahș-Akgarinsk.* Primul mare complex de irigații, a cărui construcție a început în anul 1931 și care după 1970 s-a extins prin amenajările H.E. 8 și 7 Perepadnaia ( $P_i = 36$  MW) și Tsentralnaia ( $P_i = 20$  MW) – este C.I.H. Vahș-Akgarinsk, în suprafață de 120 mii ha, care valorifică apa canalului de aducțiune – hidroenergetic – ( $L = 11,7$  km și  $Q = 200$   $m^3/s$ ). Prin realizarea marii hidrocentrale Golovnaia ( $P_i = 210$  MW) s-a asigurat și priza canalului de irigare al platoului Akgarinsk ( $Q = 25$   $m^3/s$ ). Amenajările de irigații din zona H.E. 8; 7; 6 înseriu volume mari de lucrări: 600 km canale de aducțiune, 4.006 km rețele interioare, 1.398 km rețea de drenaj și de evacuare și 3.780 instalații hidrotehnice. În suprafața drenată revin la ha 22,5 m drenaj și 1 m canal colector.

În zona deșertică de altă dată, rețelele de alimentare cu apă a agriculturii și centrelor populate transformă în grădini roditoare și parcuri suprafețele

străbătute, un exemplu evident constituindu-l canalul Djoii-Bor.

*Complexul hidrotehnic – de irigații și hidroenergetic – C.I.H. Nurek-Dangarinsk.* Al doilea mare complex hidrotehnic, Nurek-Dangarinsk, în suprafață de 76.000 ha, este legat de amenajarea H.E. Nurek (v. fig. 3.11). Printr-o galerie lungă de 14 km, amplasată în bieful superior al acumulării, apele necesare sunt derivate pentru a iriga gravitațional o suprafață de 47.000 ha. Diferența de 29.000 ha este irigată tot cu apă din aceeași acumulare, însă prin intermediul a 28 stații de pompare, din care 10 ridică apa la înălțimi care depășesc 100 de metri.



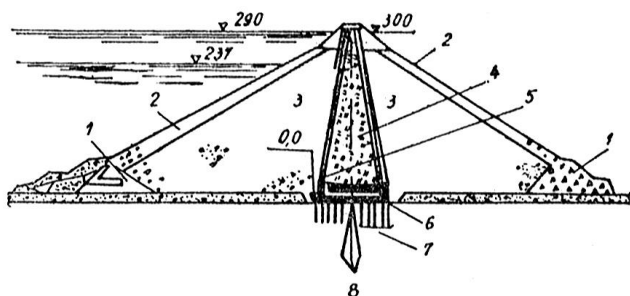
**Fig. 3.11.** Amenajarea hidrotehnică Nurek – planul amenajării: 1 – barajul; 2 – uzina H.E.; 3 – prizele de apă ale uzinei; 4 – tunelurile de aducțiune; 5 – priza de apă provizorie a uzinei; 6 – partea frontală a evacuatorului viiturilor, cu priza de adâncime; 7 – idem, cu priza de suprafață; 8; 9; 10 – tuneluri ale derivației provizorii cu I, II și III etaje.

Amenajarea H.E. Nurek de pe râul Vahș este de o mare importanță pentru irigarea terenurilor fertile din sudul Asiei Centrale. Acumularea Nurek, cu regularizare sezonieră, asigură redistribuirea scurgerilor anuale funcție de cerințele din bazinul hidrografic al râului Vahș și, totodată, realizează irigarea și spălarea solurilor salinizate ale noilor zone luate în exploatare în cursul inferior al Amu-Dariei. Apele acestei retenții asigură și irigarea perimetrului Dangara.

Amenajarea Nurek cuprinde următoarele lucrări principale: barajul din materiale locale (anrocamente și pământ), uvrajele de evacuare situate pe malul stâng și uzina de pe malul drept (cu o putere instalată de 2,7 milioane kW).

Lungimea barajului este de 704 m; înălțimea căderii maxime este de 275 m, iar debitul maxim, cu frecvență de 0,01%, ce trece prin uvraje, este de 5.400  $m^3/s$ . Barajul (fig. 3.12) are o înălțime de 300 m și încorporează în rambleu un volum de 56 milioane  $m^3$  materiale. Corpul barajului este construit din prisme triunghiulare masive de piatră de blocaj, din pietre și

pietriș, iar nucleul central – cu rol antifiltrant – este din argilă nisipo-lutoasă. În partea inferioară a nucleului s-a realizat un masiv în beton, închizând secțiunea cea mai îngustă a albiei. Sub nucleul barajului s-a executat o perdea profundă de injecții pentru etanșare.



**Fig. 3.12.** Secțiunea transversală prin baraj: 1 – anrocamente; 2 – îmbrăcăminte elastică nivelată (din piatră); 3 – piatră și pietriș; 4 – nucleu din argilă nisipoasă și lutoasă; 5 – filtru; 6 – masiv din beton; 7 – injecții de consolidare; 8 – perdea de etanșare.

Contactul între nucleul din argilă nisipo-lutoasă și prismele triunghiulare de oprire este executat din una sau două straturi de filtre. Pentru stabilitatea taluzurilor, la solicitările seismice și pentru preîntâmpinarea deteriorării lor sub acțiunea valurilor, s-a prevăzut o îmbrăcare a lor cu elemente ușoare. Pentru executarea lucrărilor de injecție și controlul stării fundației barajului sunt prevăzute trei galerii de injecție.

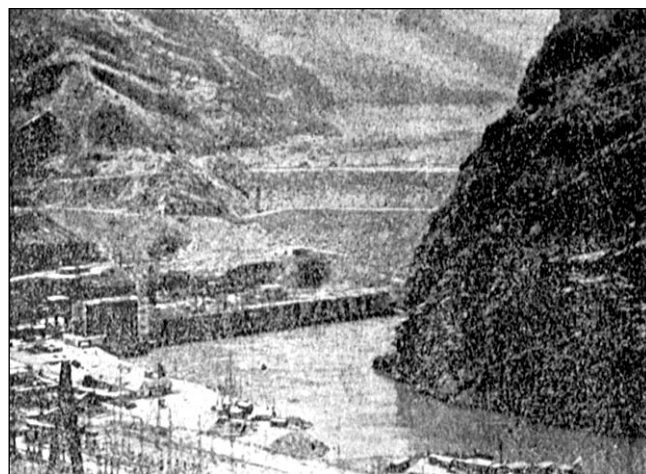
Scurgerea apelor, în timpul execuției barajului, s-a asigurat prin tuneluri, din derivația provizorie, cu trei etaje, amplasată pe malul stâng al râului.

Evacuatoarele amenajării hidroelectrice sunt calculate pentru un debit de  $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (restul debitului maxim,  $1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ , este turbinat). Lucrările de evacuare cuprind două evacuatoare pentru viituri excepționale, în tunel: unul, cu o lungime de  $1,4 \text{ km}$ , cu priză de apă în profunzime, celălalt, cu o lungime de  $1,2 \text{ km}$  și cu priză de apă de suprafață. Ultimul evacuator este legat printr-o galerie înclinată la tunelul de derivație provizorie – al III-lea etaj. Cele două tuneluri au un profil curb, cu o boltă de profil circular cu deschidere mare; secțiunea tunelurilor este de  $90\text{-}103 \text{ m}^2$ .

Ansamblul uzină-conducte forțate cuprinde trei turnuri de priză, tuneluri de aducțiune sub sarcină, de un diametru de  $10 \text{ m}$ , nouă conducte forțate și uzina echipată cu 9 grupuri, cu o putere totală de  $2.700 \text{ MW}$  ( $300 \text{ MW}$  fiecare). Producția medie anuală de energie electrică a amenajării Nurek este de  $11.200$  milioane kWh.

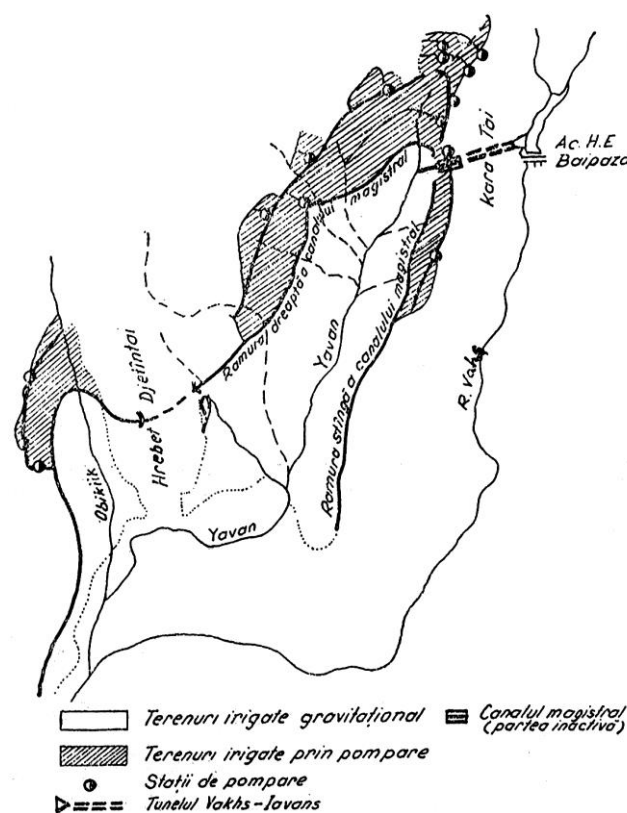
Uzina (fig. 3.13), amplasată la piciorul taluzului aval, are dimensiunile în plan  $195 \times 53 \text{ m}$  și înălțimea de  $38 \text{ m}$ . Turbinele sunt dotate, în amonte, cu vane sferice cu diametru de  $4,2 \text{ m}$ . Uzina H.E. Nurek are automatizate toate operațiile de comandă, cu folosirea unui autooperator. Condițiile topografice dificile au deter-

minat un mare volum de lucrări subterane pe acest șantier:  $38 \text{ km}$  tuneluri cu diferite mărimi de secțiuni, până la  $103 \text{ m}^2$ ; toate excavațiile subterane s-au executat cu exploziv.



**Fig. 3.13.** Uzina H.E. Nurek – amplasament.

Complexul hidrotehnic – de irigații și hidroenergetic – C.I.H. Yavan-Obikiik. Al treilea mare complex de irigații și hidroenergetic din Tadjidistanul de sud este C.I.H. Yavan-Obikiik (fig. 3.14), axat pe amenajarea H.E. Baipaza.



**Fig. 3.14.** Schema sistemului de irigații Yavan-Obikiik.

Văile râurilor Yavan și Obikiik, în suprafață de  $40.000 \text{ ha}$ , sunt extrem de sărace în apă. Pentru irigarea acestora s-au deviat apele râului Vahș printr-un tunel

lung de 7,3 km, realizat în malul drept al acumulării H.E. Baipaza, puțin aval de amenajarea Nurek.

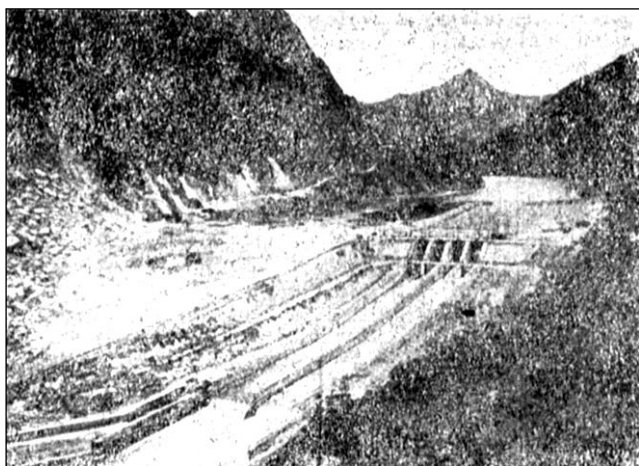
Pentru complexitatea și ingeniozitatea inginerască a realizării acestei amenajări, se impun câteva prezentări și detalii tehnice.

Văile Yavan și Obikiik, amplasate la altitudini de 500-700 m, sunt separate de sursa de apă – acumularea H.E. Baipaza de pe râul Vahș – printr-un lanț montan, care a fost străbătut prin tunel.

Valea Yavan, cu o lungime de 50 km și o lățime maximă de 15 km, este orientată de la nord-est spre sud-vest, iar valea Obikiik are 22 km lungime și 7 km lățime medie.

Terenurile din acest perimetru sunt de tip loess și argilă loessoidă, cu un mare grad de tasare; grosimea stratului de loess depășește 25-30 m. Din punct de vedere hidrogeologic, apele subterane se găsesc la adâncimi variate; sub 3 m în nordul văii Yavan, pe o suprafață de 3.000 ha; de la 3 la 10 m pe o suprafață de 5.000 ha și de la 10 la 50 m și mai mult, pe restul suprafeței de peste 30.000 ha. Apele subterane au o mineralizare considerabilă, ca de altfel în majoritatea zonelor deficitare în apă din Asia Centrală, variind între 5 și 20 g/l.

Sistemul de irigații Yavan-Obikiik este alimentat din amenajarea H.E. Baipaza de pe râul Vahș (fig. 3.15), printr-o priză de apă compusă dintr-un baraj din anrocamente, un deversor și o priză de apă pentru irigații, combinată cu capul amonte al tunelului Vahș-Yavan, echipat cu trei vane plane.



**Fig. 3.15.** Amenajarea H.E. Baipaza și priza de apă a sistemului de irigații Yavan-Obikiik, în timpul execuției.

Barajul amenajării Baipaza, cu o înălțime de 60 m, a fost realizat prin explozii orientate, ceea ce a permis reducerea timpului de execuție și a costului amenajării, precum și dirijarea (evacuarea) debitului râului Vahș, în timpul execuției, fără măsuri speciale.

Tunelul Vahș-Yavan, prin care se transportă, cu curgere liberă, debitul de  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  captat din acumularea Baipaza, are o lungime de 7.400 m și un diametru de 5,3

m și străbate transversal lanțul muntos Karatai, la o adâncime de 600 m, datorită condițiilor geologice și hidrogeologice complicate. Tunelul este îmbrăcat într-o cuvă din elemente de fontă și beton armat prefabricate.

Canalul magistral, căptușit cu beton, are o lungime de 680 m, între capătul aval al tunelului și până la centrul de distribuție – partitorul dintre cele două ramificații dreapta și stânga. În apropierea partitorului s-a construit un evacuator în trepte, pentru descărcarea surplusului de apă (sau în caz de avarii), în valea Yavan.

Ramura dreaptă a canalului magistral, cu o lungime de 80 km, transportă un debit de  $48 \text{ m}^3/\text{s}$  și, după traversarea lanțului muntos Djetântai printr-un tunel ( $L = 5.150 \text{ m}$ ,  $\varnothing = 3,3 \text{ m}$  și  $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ ), își descarcă debitul disponibil în Valea Obikiik. Ramura stângă are o lungime de 34 km și poate transporta un debit de  $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Din ambele ramificații apa curge gravitațional, prin intermediul canalelor secundare, pe terenurile irigate, ca și pentru celelalte folosințe din perimetru.

Irigarea terenurilor situate la cote superioare celor două ramificații se face prin pompare, cu înălțimi medii de 45 m și cu debite ce pot ajunge la  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  (cu  $P_i = 12.500 \text{ kW}$ ).

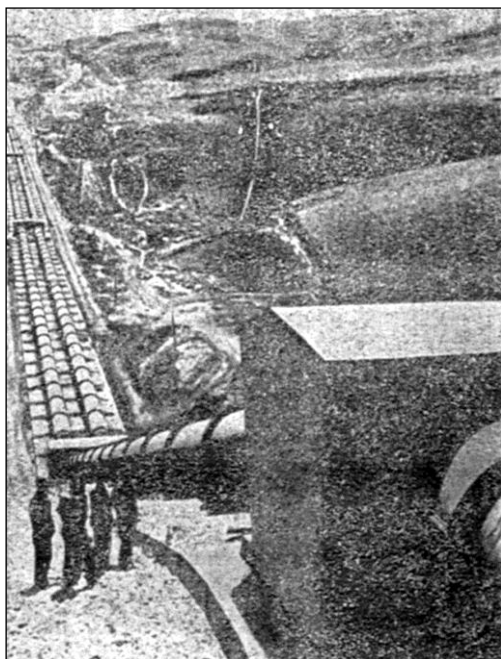
Cu privire la rețeaua de canale și sectoarele de legătură, la tehnicile de irigații și drenaj, la amenajarea terenului și a măsurilor antierozionale, precum și cu privire la măsurile de consolidare a terenurilor de fundare a construcțiilor hidrotehnice și a modului de organizare a exploatarei, se vor da în continuare câteva detalii, cu rol de exemplificare, după cum urmează:

- transportul și distribuția apei la diversele folosințe se face prin canale principale și secundare, în lungime totală de 209 km, pe care sunt construite 26 sifoane (fig. 3.16), 24 apeducte, 12 uvrage de evacuarea sedimentelor și avalanșelor de noroi din zonă, 6 baraje din pământ cu înălțimi de până la 45 m, zeci de poduri și mii de construcții și instalații hidraulice pe rețeaua de distribuție;

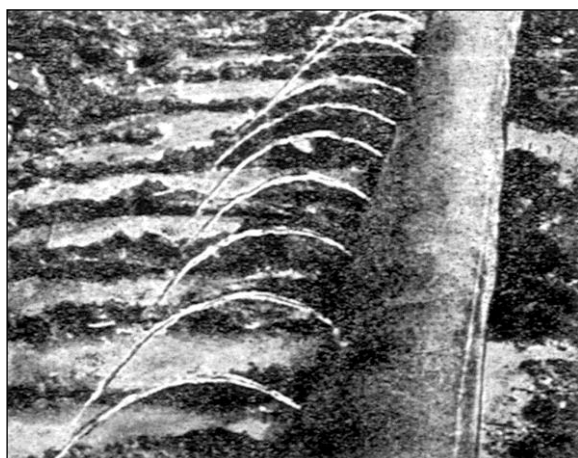
- din canalele principale și secundare, apa este adusă pe câmpuri prin rețele de conducte îngropate ( $L = 976 \text{ km}$ ), de unde, cu ajutorul bornelor de irigație și a conductelor din polietilenă, cauciuc-butil etc. (fig. 3.17) sau al rigolelor, apa este distribuită în brazdele de udare. Tehnica de irigații cu răspândirea cea mai mare este prin scurgere la suprafață, pe brazde (pentru bumbac);

- drenajul echipează cea mai mare parte a terenurilor irigate, cu exces de apă, salinizate sau înclinate spre înmlăștinare-salinizare. Drenajul orizontal, construit din tuburi perforate din azbociment, protejate printr-un strat de bitum contra apelor agresive, este utilizat pe terenurile cu nivel liber și puțin adânc al apelor subterane, în timp ce drenajul vertical este aplicat pe terenurile cu ape subterane sub presiune;





**Fig. 3.16.** Sifon pe ramificația dreaptă a canalului magistral Yavan (pe canalul Gulistan);  $L = 1.080$  m;  $D = 1.420$  mm;  $Q = 10,5$  m<sup>3</sup>/s.



**Fig. 3.17.** Conduite de udare flexibile din cauciuc butil (se udă bumbacul).

– lucrările de nivelare au fost considerabile pe terenurile irigate, înscriind cifre medii ridicate, de 1.200 m<sup>3</sup>/ha terasamente mobilizate;

– măsurile de prevenire contra eroziunii rețelilor de canale și solurilor au preocupat în mare măsură pe proiectanții și executanții complexului de irigații Yavan-Obikiik. Pentru protecția canalelor de irigații (contra afuiierilor și înămolirilor) au fost construite lucrări contra curgerilor noroioase, de consolidare și antinoroioase. Pentru evacuarea controlată a apei de pe sectoarele irigate au fost construite rețele de șanțuri

canale, diguri de dirijare și lucrări de racordare, cu echipamente de controlul scurgerii; construcția uvrajelor de racordare-descărcare s-a făcut din elemente de beton armat prefabricate;

– în scopul asigurării stabilității, lucrărilor de construcții pe loessurile cu tasări puternice, s-a adoptat soluția umectării prealabile a terenurilor de fundație, timp de 2 până la 4 luni; s-au realizat astfel tasări de circa 2 m.

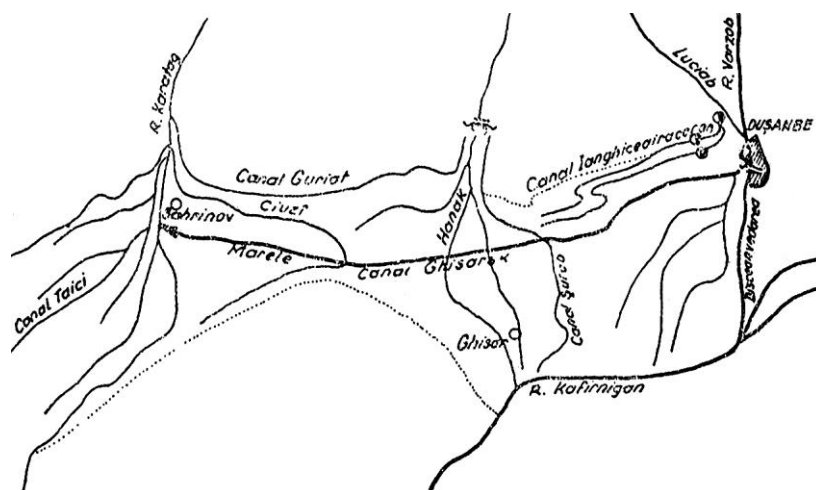
### 3.2.1.2. Bazinul hidrografic al râului Kafirnigan

În această zonă, cea mai populată a Tadjikistanului de sud, s-a realizat, prin colaborarea Republicilor Tadjică și Uzbekă, complexul de irigații al Marelui canal Ghisarsk (fig. 3.18), cu o suprafață de 30.000 ha, cultivate cu bumbac, legume, cereale și furaje. Complexul de irigații este situat în partea centrală a văii Ghisarsk (la piciorul lanțului muntos Ghisarsk), formată din depozite cuaternare acoperite de aluviunile teraselor fluviale și de roci detritice ale conurilor de dejecție. Valea este întretăiată de numeroase cursuri de apă.

*Sistemul Marelui canal Ghisarsk* este alimentat de apele râului Dușanbe (ce străbate capitala, cu același nume a R. Tadjică), râu ce continuă apele cursului Varzob, izvorât din ghețurile versantului de sud al lanțului Ghisard, de la 4.200 m altitudine.

Suprafața bazinului de recepție este de 1.126 km<sup>2</sup>; debitul mediu anual variază între 6 și 144 m<sup>3</sup>/s; debitul maxim este de 486 m<sup>3</sup>/s.

Marele canal care alimentează sistemul Ghisarsk are o lungime de 49,3 km și un debit (de priză) de 68 m<sup>3</sup>/s. Centrul de priză (fig. 3.19) al Marelui canal Ghisarsk este compus din: baraj deversor, pe sursa de apă (râul Dușanbe), un stăvilar regulator al Marelui canal, diguri de dirijare pe sectorul de priză al sursei și un canal de priză și descărcare.



**Fig. 3.18.** Schema complexului de irigații al Marelui canal Ghisarsk.



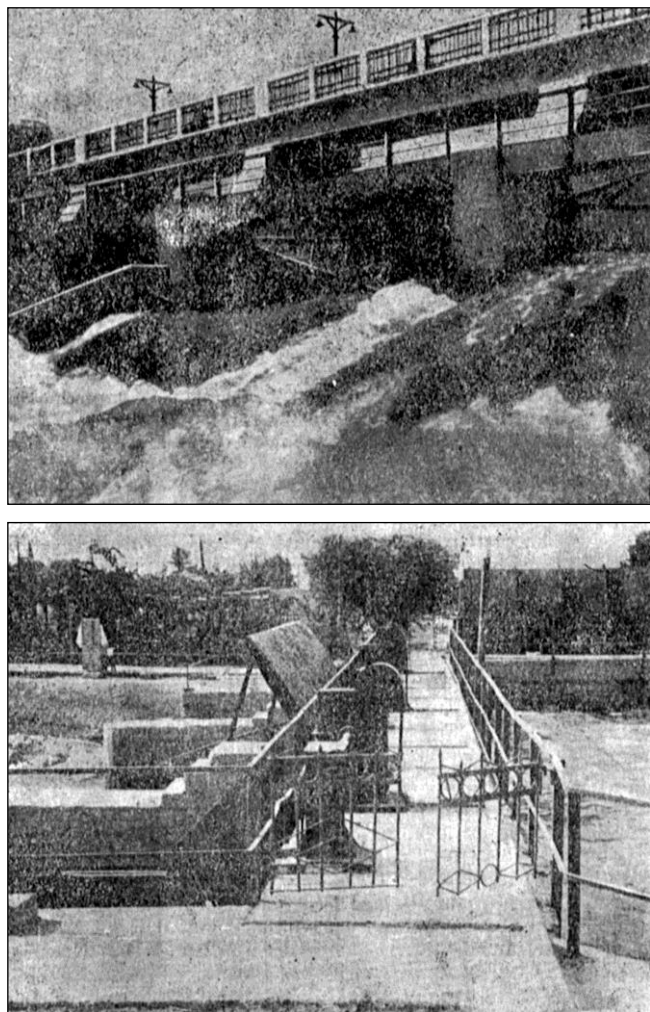


Fig. 3.19. Centrul de priză al Marelui canal Ghisarsk.

Barajul deversor, de beton armat ( $L = 48,9$  m;  $Q = 800$  m<sup>3</sup>/s), este prevăzut cu patru deschideri, formate prin trei pile; deschiderile sunt închise prin vane sector. Barajul creează o supraînălțare de 3 m.

Stăvilarul regulator al Marelui canal Ghisarsk are patru deschideri de 5 m fiecare și cu un debit de 68 m<sup>3</sup>/s; uvrajul regulator tubular al derivației Dušanbe este calculat pentru un debit de 10 m<sup>3</sup>/s.

Descărcarea acumulării și captarea materialului aluvionar se face prin galerii de fund ce debușează în avalul barajului, sub uvrajele reglatoare.

Canalul traversează 22 cursuri de apă: unele sunt canalizate prin conducte de beton armat pe sub canal, altele (11) sunt trecute peste canal. Canalul Ghisarsk transportă apele râului Dušanbe până în bazinul Surkhan-Daria, unde, prin intermediul râului Karatag – în care se descarcă – irigă terenurile din R. Uzbekistan.

Sistemul de irigații al Marelui canal Ghisarsk include o rețea de canale pentru irigații în lungime de 2.565 km, o rețea de drenaj de 158,2 km; mii de construcții și instalații hidrotehnice – baraje, apeducte, noduri de distribuție, stații de pompare (cu  $P_i = 1.650$

kW), poduri, sifoane etc.; sifoanele metalice de sub râul Hanaka și de pe canalul Ciuzî se enumeră printre cele mai importante construcții din acest sistem de irigații.

### 3.2.2. SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN R. UZBECĂ (UZBEKISTAN)

R. Uzbekă (Uzbekistan), situată în Asia Centrală între fluviile Amu-Daria și Sâr-Daria, are o suprafață de 416 mii km<sup>2</sup>.

Câmpiile ocupă 4/5 din teritoriul țării; ca mărime și importanță economică se diferențiază: Fergana, Taşkent-Golodnaia step, Zerafșan și Sakhardari.

Clima Uzbekistanului este tipic continentală, cu veri foarte calde (26-32°C în luna iulie, în Termez) și uscate, și cu ierni înnoirate și reci (-6,3- -30°C în zona nordică). În zonele piemontane climatul este mai dulce.

Precipitațiile nu depășesc 120-200 mm/an în câmpii, în timp ce în zonele montane depășesc și 1.000 mm/an, sezoanele cu pluviometrie pronunțată fiind iarna și primăvara.

Cursurile de apă ale Uzbekistanului, cu o repartitie teritorială neuniformă și aparținând bazinului mării Aral, fiind alimentate din zăpezi și ghețuri, deci având scurgeri extrem de neuniforme, reclamă măsuri intense și complexe de regularizare.

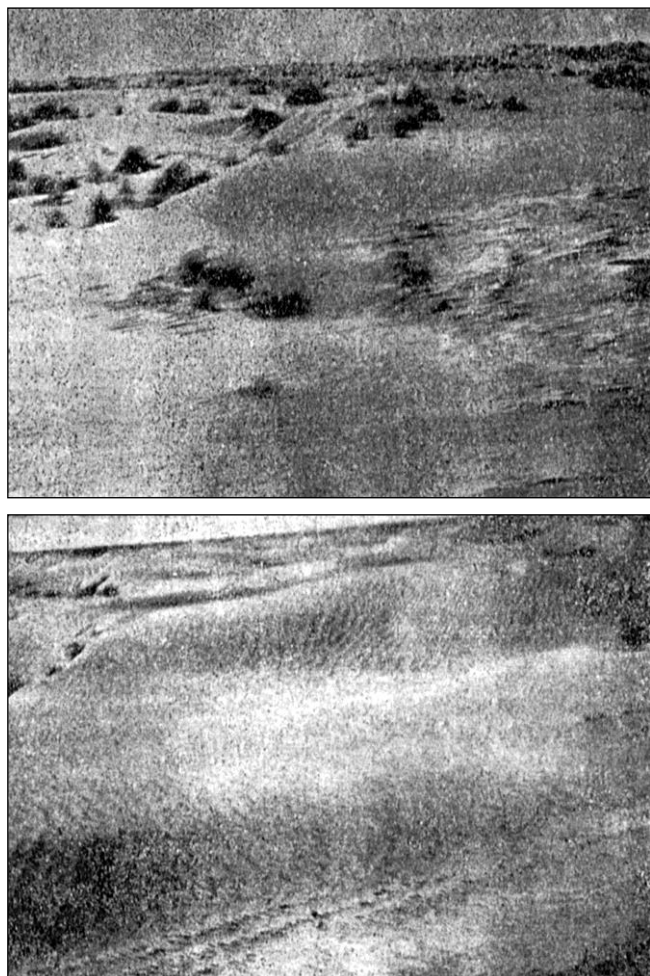
Cele mai mari cursuri de apă sunt Amu-Daria, cu o scurgere anuală de 60 miliarde m<sup>3</sup> și Sâr-Daria, cu 31 miliarde m<sup>3</sup>. Un rol economic important îl au următorii afluenți de pe dreapta Sâr-Dariei: Kasansai, Gavasai, Angren, Circik, iar de pe partea stângă: Isfairam, Saukh, Isfara – ale căror ape sunt folosite integral la irigații. De asemenea, au mare rol economico-social și râurile Zerafșan și Kaška-Daria, cu afluenții lor Iakkabag-Daria, Aksu și Guzar-Daria din b.h. Amu-Daria.

Teritoriul Uzbekistanului este divizat din punct de vedere agro-economic în trei zone:

- zona montană, care ocupă 20% din întreg teritoriul și este cultivată neirigat cu: grâu, orz, pomi și viță de vie, precum și cu bogate pășuni sezoniere;

- zona cu agricultură irigată (18% din teritoriu), care este cultivată cu bumbac în cea mai mare măsură, urmând orezul, cartofii, legumele, ierburile perene, livezile și viile;

- zona cu deșerturi (fig. 3.20, a; b) și pășuni (62% din teritoriu), situată în regiunile Buhara, Kaška-Dariinsk, Karakalpaki, precum și în partea centrală a văii Fergana, care nu poate fi valorificată agricol fără irigații. Această zonă reprezintă câmpiile deșertice aride, care nu se pot utiliza (decât ca pășuni pentru oile Astrahan) fără amenajări hidrotehnice. Doar în regiunile situate la piciorul munților se pot cultiva cereale fără irigații.



**Fig. 3.20.** În zona de deșert a Uzbekistanului.

Marile construcții hidrotehnice pentru acumulări, irigații, hidroenergie, sunt legate fie de modernizarea vechilor sisteme Zakh, Bouszu, Karasu din valea râului Circik, Skarikhansai și Andijansai (Valea Fergana), canalele Palvan, Gazavat, Șakat, Klitchmiazbai, Kattargar (pe Amu-Daria inferioară), ca și marile canale din valea râului Zerafșan, fie prin realizarea unor noi mari obiective, a căror amploare și complexitate sunt specifice etapelor în care s-au realizat. Realizarea lor s-a făcut etapizat:

– 1931-1937, etapa unor mari sisteme de irigații, canale de aducțiune și a unor acumulări, în care au fost realizate: barajul Pervomaisk, canalul Dargam și rețeaua de irigații (pe râul Zerafșan); rețeaua de irigație a canalului magistral Kumkurgan (în câmpia râului Surkham-Daria); sistemele de irigații în stepele Utșkurgansk și Savaisk; irigarea stepei Dalverzinsk și extinderea irigației în zona canalului Severni Golodnostepski; canalul Djun și colectoarele din valea Gircik; dezvoltarea, prelungirea și reorganizarea rețelelor de canale de pe terenurile situate pe malul stâng al fluviului Amu-Daria inferioară;

– 1938-1941, etapa în care au fost realizate ma-

rile canale de aducțiune a apei pentru vaste teritorii, ca și o serie de prize-captări din râuri. Printre acestea se înscriu: canalul Bolșoi Fergansk, canalele Severnâi și Iujno-Fergansk, canalul Tașkentsk, canalele Pravoberejnâi și Zerafșansk, ca și prizele de apă Kampiravatsk și Kuiganiarsk pe râul Karadaria;

– 1941-1945, deși reprezintă etapa grea a războiului, au început să se realizeze lucrări complexe cu dublu rol: irigații și hidroenergetică. Pe canalele de derivație-aducțiune pentru irigații s-au amenajat hidrocentrale, ca de exemplu cascada hidroenergetică Circik-Bozsuiski, pe rețeaua de canale din dreapta râului Circik, iar pe fluviul Sâr-Daria, pe canalul de derivație al amenajării de irigații Farhad ( $Q_c = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), s-a construit o uzină hidroelectrică cu o putere instalată de 130 MW. Această mare amenajare (Farhad și canalul de derivație) a permis irigarea stepei Golodnaia. Construcția barajului Farhad, prin care s-a barat Sâr-Daria, s-a făcut în condițiile grele ale lipsei de lemn și fier beton – din perioada războiului. A fost adoptată metoda construirii barajului din anrocamente.

– perioada de după război, în special după 1950 și până în 1975, în care s-a pus accent deosebit pe creșterea eficienței terenurilor agricole, a amenajărilor realizate, a regularizării cursurilor de apă prin acumulări și redistribuiri, ca și prin soluția amenajărilor complexe-multiple. Un accent deosebit s-a acordat drenajelor, tehnicilor agricole moderne, modernizării prizeilor de apă etc.

– deceniul 70-80, ale cărui realizări marchează o preocupare deosebită pentru regularizarea scurgerilor în principalele râuri-bazine hidrografice ale Uzbekistanului, în cadrul amenajărilor complexe. Astfel s-a ajuns ca apele Sâr-Dariei să fie regularizate prin marile acumulări Kairakum și Ciardariinsk, iar Amu-Daria inferioară, prin complexul de amenajări de pe râul Vahș, prin amenajarea proprie Tuiamuiunsk, ca și prin amenajarea Toktogulsk de pe râul Naryn ( $V_{ac} = 20$  miliarde  $\text{m}^3$ ).

Lucrări similare s-au realizat și pe râurile Circik, Angren, Kassansai, Zerafșan, Kachta-Daria, Surkan-Daria, Ysfairam, Guzar.

Cele mai mari și complexe amenajări din Uzbekistan sunt realizate în stepele Golodnaia și Karșinskaia din Fergana Centrală, în masivele Șerobadski și Circik-Angrenski precum și pe cursurile inferioare ale Amu-Dariei și Zerafșan-ului.

Pentru reliefarea concepțiilor și soluțiilor, ca și tehnicilor, tehnologiilor și formelor organizatorice în execuția și exploatarea marilor complexe hidrotehnice din Uzbekistan, ce privesc cele două grupe de unități: – mari unități naturale geomorfologice și cursuri principale de apă – în cele ce urmează se va reține atenția asupra stepei Golodnaia (stea Flămândă) din prima

grupă și asupra a două cursuri de apă (râul Circik din bazinul hidrografic Sâr-Daria și râul Zeravșan, b.h. Amu-Daria), din a doua grupă.

Modul de soluționare hidrotehnic și social-economic complex-multilateral pentru cele două grupe de unități îmbracă caracteristici ce se pot regăsi și în celelalte mari unități naturale și cursuri de apă. Pentru aceasta, referirile ce urmează privesc numai unitățile respective.

### 3.2.2.1. Amenajări complexe din Stepa Golodnaia – b.h. Sâr-Daria

Stepa Golodnaia, în suprafață de peste 1 milion ha (din care 3/4 se află în Uzbekistan), este situată la 70 km vest de Tașkent, limitată la est de fluviul Sâr-Daria, la sud de contraforții lanțului Turkestan și la nord-vest de deșertul Kizilkum.

În prezent, suprafața irigată a Stepei Golodnaia este de aproximativ 670.000 ha în perimetrul marelui canal Kirov Severnâi. Această oază crește prin punerea în valoare și a zonei de stepă Djizak (200 mii ha).

La sfârșitul secolului trecut, această întindere nesfârșită era un deșert – care pe drept cuvânt s-a numit „Stepa Foamei” (fig. 3.21). Tentativele făcute (în secolul trecut) de a iriga Stepa Flămândă, fără o gospodărire riguroasă a apei și în prezența unui drenaj natural slab și cu o agricultură extensivă, au condus la rapida salinizare a acestor terenuri și la abandonarea lor.

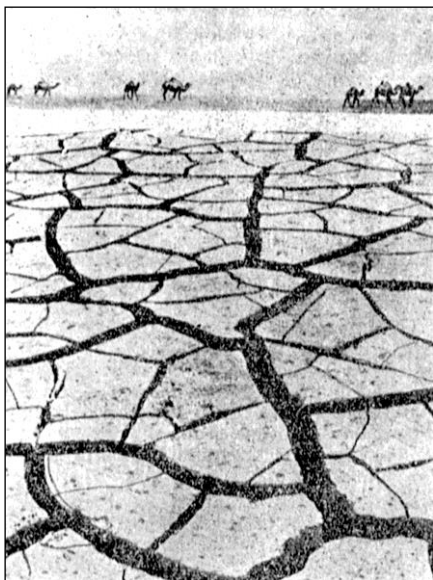


Fig. 3.21. Stepa Golodnaia, înainte de punerea în valoare.

În 1918 s-a semnat decretul (V. I. Lenin) pentru irigarea acestei suprafețe (500.000 desiatine) și s-a afectat o sumă de 50 milioane ruble. În anul 1932 era construită aducțiunea – canalul Nordului, cu un debit de  $83 \text{ m}^3/\text{s}$ . După anul 1932, acest canal a fost prelungit la 114 km, cu un debit de  $160 \text{ m}^3/\text{s}$  (tot după vechiul

proiect al prof. ing. G. Risenkamp), pentru valorificarea unei suprafețe de 407.000 ha în Stepa Flămândă ( $S_i = 99.000 \text{ ha}$  în 1941). În anul 1956 suprafața irigată ajunsese la 206.000 ha.

Schema hidrotehnică de irigații, energie și toate celelalte detalii privind punerea în valoare a stepei, au fost puse la punct în anul 1958. Pentru exploatarea unitară a tuturor lucrărilor hidrotehnice, a fost creată în anul 1956 o organizație interrepublicană, sub denumirea de Glavgolodnostepstroï.

Au fost create baze puternice și răspândite în întreg teritoriul stepei, de industrii pentru construcții, de elemente prefabricate, de asamblări, de lucrări în lanț.

*Schema hidrotehnică (și energetică) a Stepei Golodnaia.* Punerea în valoare a Stepei Foamei a reclamat o rețea de aducțiune și distribuție a apei pentru irigații (fig. 3.22), dublată în ultima perioadă și de drenaj – orizontal și vertical.

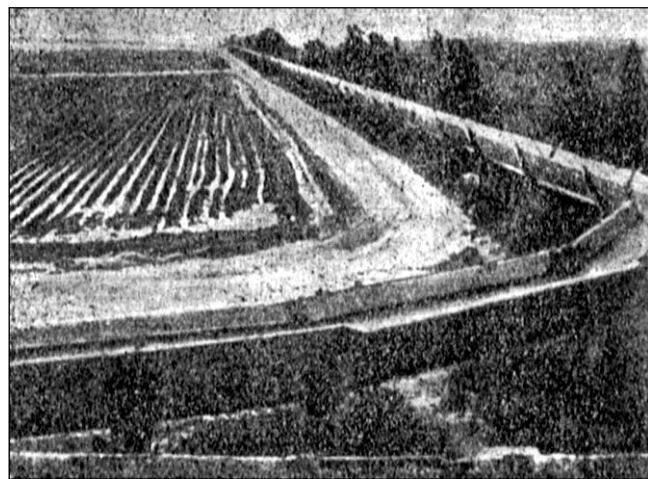


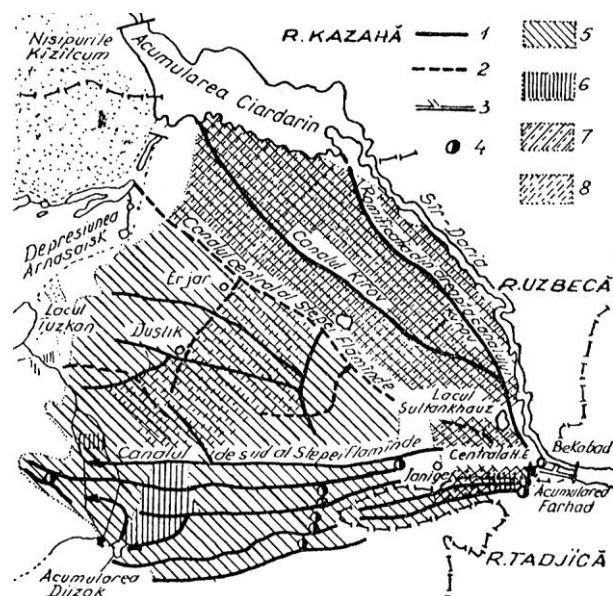
Fig. 3.22. Irigații în Stepa Golodnaia.

În prezent, terenul irigat se divide, după condițiile naturale și economice, în două zone (fig. 3.23): zona nord-vest, cu vechi amenajări de irigații, având ca arteră principală de apă Canalul Severnâi Kirov și zona nouă de irigații, având ca arteră principală de apă canalul de sud al Stepei Foamei (Canalul Iujnâi Golodnostepsk).

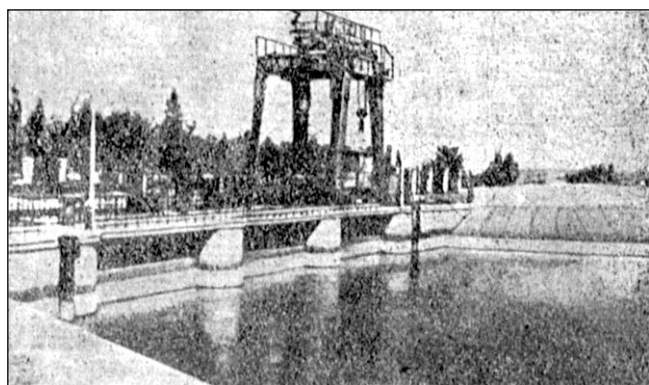
Prin amenajarea Farhad de pe Sâr-Daria, s-a asigurat priza de apă (ca debit, volum și cote) în conformitate cu cerințele de irigații ale Stepei Foamei. Prin barajul de beton s-a înălțat cu 18 m nivelul fluviului, iar prin retenția Kairakkum s-a creat o rezervă de apă de 270 milioane  $\text{m}^3$ .

Amenajarea hidrotehnică Farhad cuprinde: barajul de priză de apă derivația cu partitor pentru canalul Pravoberejnâi Dalverzinsk ( $Q = 74 \text{ m}^3/\text{s}$ , pentru suprafața irigată de circa 50 000 ha) și canalul de derivație Levoberejnii ( $L = 23,7 \text{ km}$  și  $Q = 550 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – fig. 3.24.

Pe ultima derivație s-a construit centrala hidroelectrică Farhad, cu o putere  $P_i = 130 \text{ MW}$ .



**Fig. 3.23.** Schema hidrotehnică în Stepa Golodnaia:  
 1 – canale magistrale și de distribuție pentru irigații;  
 2 – canale principale de colectare și evacuare de drenaj;  
 3 – canal de derivație; 4 – stații de pompare; 5 – rotații bumbac; 6 – rotații legume, plante furajere și plante perene;  
 7 – irigații în zone vechi de cultură; 8 – irigații pe terenuri noi luate în cultură.



**Fig. 3.24.** Priza de apă a canalului de derivație Farhad.

Canalul magistral S.M. Kirov ( $L = 116$  km;  $h_a = 4,9$  m;  $B = 40-45$  m;  $Q_p = 230$  m<sup>3</sup>/s), (fig. 3.25) ia apa din avalul amenajării Farhad; pe acest canal se află 8 barări.

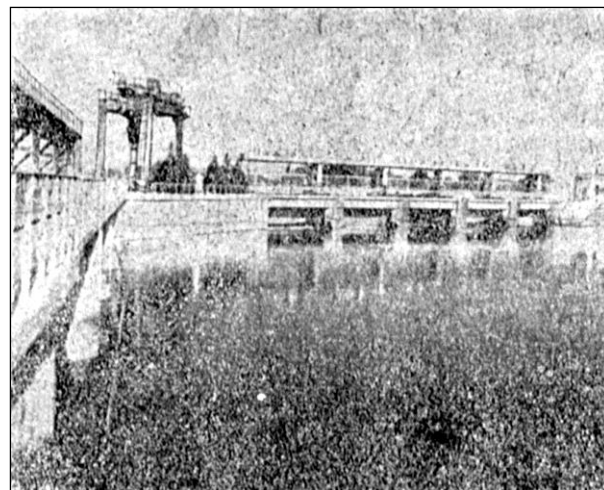
Canalul principal se ramifică în canale de distribuție, dintre care cel mai mare are  $L = 34$  km și  $Q = 60$  m<sup>3</sup>/s. Prin canalul S.M. Kirov se irigă 280.000 ha.

Priza de apă a canalului Iujnâi Golodnostepsk ( $L = 126$  km;  $Q = 300$  m<sup>3</sup>/s) este situată în amonte amenajării Farhad și asigură irigarea unei suprafețe de peste 350.000 ha. Canalul magistral se ramifică, de asemenea, într-o serie de canale de distribuție, cum ar fi: canalul central ( $L = 63$  km;  $Q = 164$  m<sup>3</sup>/s), canalul Baiant ( $L = 14,6$  km;  $Q = 30$  m<sup>3</sup>/s) și canalul Kurguan-Tepin ( $L = 74$  km;  $Q = 18$  m<sup>3</sup>/s).

În zona celor două canale magistrale (Iujnâi și Severnâi Kirov), suprafețele agricole se irigă și gravi-

tațional și prin pompare.

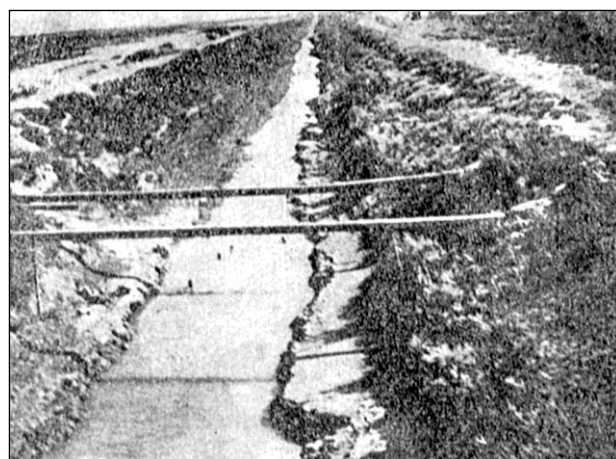
Prima tranșă de irigare a Stepei Golodnaia are 600.000 ha (în cele 3 republici). În anul 1975, jumătate din suprafața primei etape, adică 300.000 ha, era deja în exploatare.



**Fig. 3.25.** Priza canalului magistral Kirov.

Ceea ce particularizează punerea în valoare a irigațiilor în Stepa Golodnaia este caracterul lor complex: îmbinarea amenajărilor pentru irigații cu cele pentru drenaje, hidroenergetice, cu plantații masive de protecție etc.

Cultivarea terenurilor în Stepa Foamei, fără bonificarea radicală a acestora, este de neconceput, iar nivelarea, desecarea și drenajul ocupă rolul de frunte în bonificare. Structura hidrogeologică a acestei întinderi considerabile este de așa natură încât face imposibilă drenarea apelor spre adâncime, în timp ce afluxul apelor (subterane) ce vin din lanțul montan, de la est spre sud, este ridicat. La acești factori favorizanți, dacă se adaugă și o distribuție defectuoasă a apei de irigat, atunci condițiile potențiale de salinizare ale zonei pot conduce la rapida salinizare a acestor terenuri și la scoaterea lor din circuitul agroeconomic (fig. 3.26).



**Fig. 3.26.** Zonă de sărături în Stepa Golodnaia.

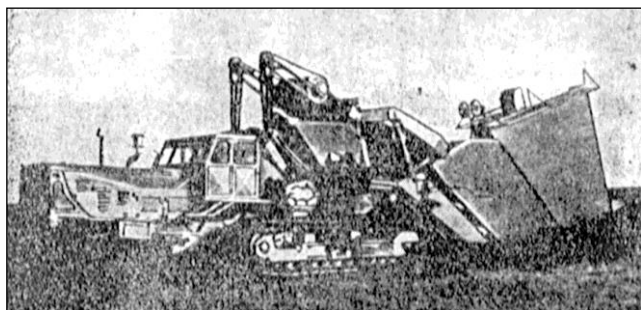


Rețeaua ramificată de desecare și de drenaj închis are rolul de a preveni aceste neajunsuri, care se pot transforma în adevărată calamitate în final. În prezent, în întreaga zonă se procedează în consecință, iar experiența a permis să se stabilească, din aproape în aproape, densitatea necesară a liniilor de drenaj.

Vechea mentalitate că pe terenurile amenajate pentru irigații, drenajul devine necesar numai după un anumit timp (adică este inutil până când apele subterane nu s-au ridicat) s-a dovedit a fi o eroare, care costă scump.

O dată combătută această mentalitate, ritmul construirii drenajului a crescut foarte mult, iar capacitatea terenurilor de a evacua apa excedentară a fost restabilită.

Obiectivele principale ale drenajului sunt: menținerea apelor subterane la adâncimi în afara pericolului de salinizare; eliminarea soluțiilor din sol, în urma operațiilor de spălare; înlocuirea apelor freatice mineralizate cu ape subterane de bună calitate, de la adâncimi mari (10-20 și chiar 40-60 m). Primele două deziderate se realizează prin drenaje orizontale, executate mecanizat, cu utilaje specializate (fig. 3.27), care execută tranșeea, introduc drenul (tuburi riflate, cu fante, din materiale plastice) și formează și filtru (din balast). Pe drenurile colectoare (orizontale) s-au prevăzut, din 200 în 200 m, cămine de control, ca și la schimbările de aliniamente.



**Fig. 3.27.** Utilaj complex pentru execuția drenajului orizontal (D659A).

Terenurile salinizate sunt puse în valoare prin irigații de spălare și drenaj orizontal închis (cu densitatea de 45-65 m/ha și adâncimea de pozare de 3-3,5 m). Această măsură s-a dovedit corespunzătoare în Golodnaia Stepî, pentru a menține pânza freatică la nivelul de 2,4-2,6 m de la suprafața terenului.

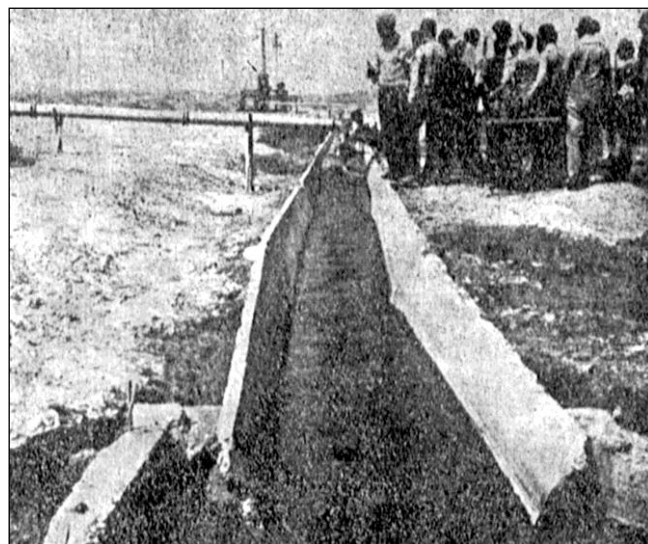
Drenajul vertical, executat în dublu scop (pentru coborârea apelor freatice mineralizate și pentru ridicarea la suprafață a apelor subterane de bună calitate, pentru spălări, irigații și chiar alimentări de apă), se realizează în baza unor ample studii hidrogeologice și a unor proiecte bine documentate. Pe o suprafață de 40.000 ha s-au construit circa 350 drenuri verticale. Din drenajele verticale (foraje), apa este scoasă prin

electro-pompe, fiind trimisă, prin rețelele de jgheaburi, la parcelele de irigat (fig. 3.28).

Începând din anii 1968-1971, acțiunea de drenare a terenurilor salinizate a urmărit, îndeosebi, desalinizarea stratului activ de sol și a apelor subterane, acțiuni realizate prin drenaje orizontale, drenaje verticale și spălări. Acestea s-au încadrat în complexul măsurilor de bonificare, alături de modelări, nivelări, amendări etc., după care s-a trecut la perfecționarea sistemelor de irigații (rețele și tehnici de irigare).

Tehnica distribuției apei s-a perfecționat, prin înlocuirea canalelor interioare din pământ cu rețele de conducte și, în special, cu jgheaburi prefabricate. Acestea distribuie apa atât sectoarelor irigate, cât și centrelor populate, dezvoltate în zonă concomitent cu extinderea lucrărilor de amenajare.

Canalele de aducțiune pentru irigații, ca și rețeaua mare de distribuție, sunt impermeabilizate cu folie de polietilenă neagră (fig. 3.29), așternută pe un pat bine pregătit și lestată cu dale mari din beton armat.

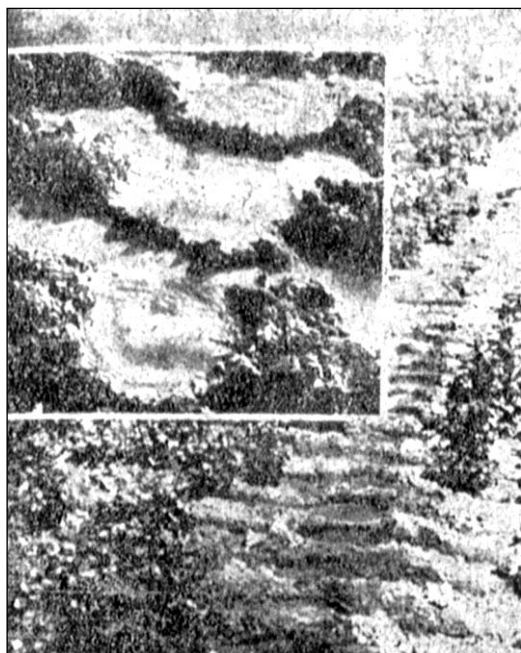


**Fig. 3.28.** Apa scoasă din drenajul vertical este refulată în jgheaburile de irigații.

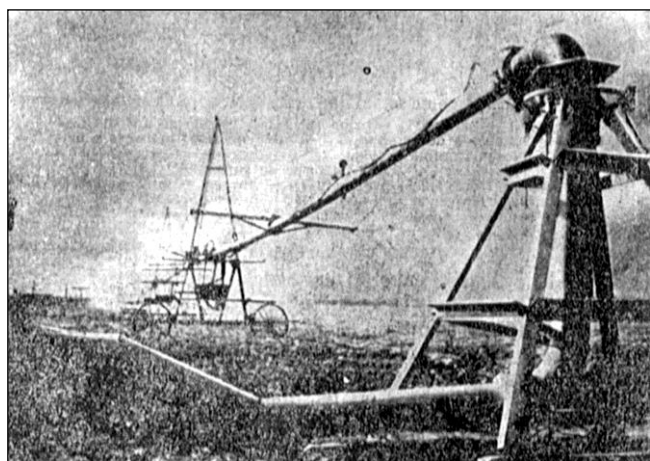


**Fig. 3.29.** Impermeabilizarea canalelor de irigații cu folie de polietilenă lestată cu dale mari

O mare atenție este acordată perfecționării tehnicii de udare; s-au experimentat și introdus noi metode de irigații, ca și perfecționarea celor clasice. Un accent deosebit s-a pus pe distribuirea apei pe câmpuri, pe brazde, pe parcele, prin introducerea conductelor flexibile din mase plastice, prin introducerea conductelor subterane perforate (fig. 3.30), precum și prin continua perfecționare a instalațiilor și agregatelor de aspersiune (fig. 3.31).



**Fig. 3.30.** Distribuția apei la brazde prin conducte subterane perforate, în Stepă Golodnaia.



**Fig. 3.31.** Instalație de aspersiune autodeplasabilă

### 3.2.2.2. Amenajări hidrotehnice complexe pe râul Circik – b.h. Sâr-Daria

Amenajările au rol complex: irigații, producere de energie, regularizări sezoniere, lupta contra inundațiilor, ameliorarea condițiilor de exploatare în timp de iarnă a amenajărilor din aval.

Problema centrală fiind irigațiile, în acest mare perimetru, întreaga gamă de amenajări, inclusiv uzinele hidroenergetice, funcționează în regim de irigații (în special amenajarea Cearvak și lanțul de încă trei H.E. situate în aval).

Amenajările hidrotehnice asigură, conform exigențelor pentru irigații: ameliorarea alimentării cu apă a sistemelor existente (centrele de priză și aducțiunile), creșterea continuă a suprafețelor irigate (de exemplu, pe seama amenajării hidroelectrice Cearvak se asigură irigarea unei suprafețe de peste 145.000 ha), evitarea inundațiilor în valea râului Circik, ameliorarea condițiilor de exploatare (iarna) a celor 16 uzine hidroelectrice de pe râul Circik și râul Bozsu, situate în aval.

Amenajarea Cearvak are o capacitate de retenție de 2 miliarde  $m^3$ , o putere instalată de 600 MW și permite creșterea suprafeței irigate în Uzbekistan cu circa 150.000 ha.

Lucrările acestei amenajări cuprind: barajul mixt din pământ și anrocamente (fig. 3.32), uvrajele de evacuare, în malul stâng, și uzina hidroelectrică, în malul drept.

Barajul ( $H_b = 168$  m) are un nucleu central din argilă, zonele de tranziție din material nisipo-argilos, iar prismele triunghiulare, din anrocamente.

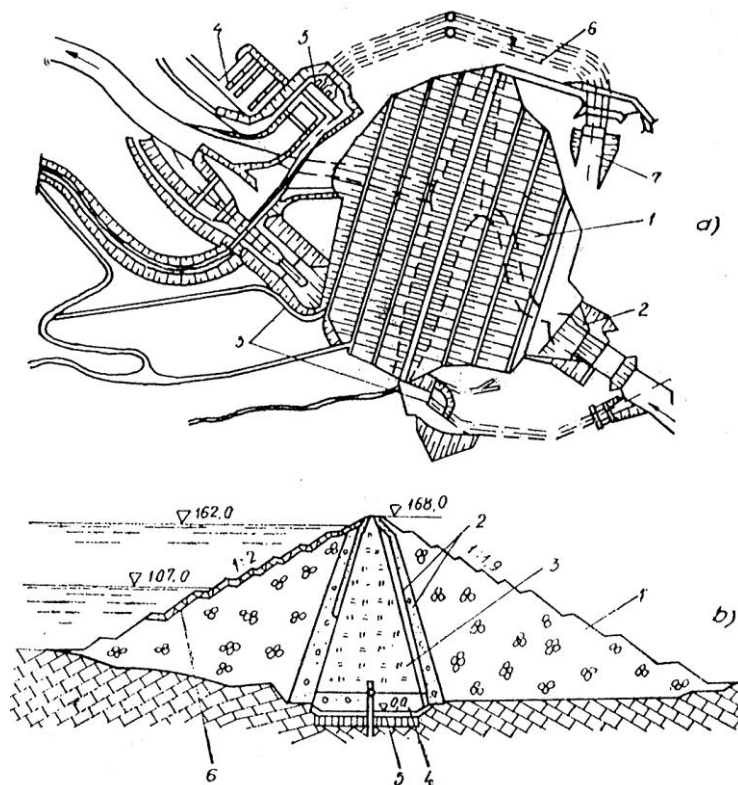
Lucrările de evacuare cuprind un evacuator tip puț și tunel. Aceste lucrări sunt branșate la o galerie de fugă cu scurgere liberă, de secțiune circulară, care se descarcă într-un canal îmbrăcat în beton.

Uzina hidroelectrică cuprinde o priză de apă de profunzime, două galerii de aducțiune sub presiune și uzina propriu-zisă, cu un scurt canal de fugă. Galerile de aducțiune (cu diametrul de 9 m fiecare) sunt plasate în două niveluri, ramificându-se în apropierea uzinei în 4 conducte. Uzina este echipată cu 4 grupuri, cu putere de 150 MW fiecare. Uzina hidroelectrică funcționează în regim de irigare (este subordonată programului de irigații).

### 3.2.2.3. Amenajări hidrotehnice complexe pe râul Zeravșan – b.h. Amu-Daria

Râul Zeravșan, afluent de dreapta al fluviului Amu-Daria, străbate una din cele mai importante regiuni de cultură a bumbacului, a sericiculturii, horticulturii și viticulturii din Uzbekistan. Condițiile naturale de aici au favorizat extinderea irigațiilor din vremuri foarte îndepărtate, din secolele VII-V. î.e.n.

Râul Zeravșan, prin nivelul dotărilor-amenajărilor, ocupă un prim loc între marile cursuri de apă ale Asiei Centrale; izvorând din munții înalți (6.000-7.000 m), cu zăpezi permanente (lanțurile Turchestanului și Zeravșanului), stocul de apă, folosit în proporție de 90%, permite irigarea unei suprafețe de peste 500.000 hectare.



**Fig. 3.32.** Schema amenajării hidroelectrice Cearvak: a – plan: 1 – barajul; 2 – uzina H.E.; 3 – prizele de apă ale uzinei; 4 – tunelurile de aducțiune; 5 – priza de apă provizorie a uzinei; 6 – partea frontală a evacuatorului viiturilor, cu priza de adâncime; 7 – idem, cu priza de suprafață; b – secțiune transversală prin baraj: 1 – anrocamente; 2 – îmbrăcăminte elastică nivelată (din piatră); 3 – nucleu din argilă; 4 – masiv din beton; 5 – injecții de consolidare; 6 – parament amonte consolidat.

Creșterile continue ale cerințelor de apă, alături de corecta gospodărire (a apei și pământului), au impus permanente ameliorări și un mare și complex număr de lucrări hidrotehnice pe râul Zerafșan. Printre acestea, se înscriu ca deosebite: barajul 1 Mai, amenajările Damkhodjin, Kharkhur, Șafirkan, Navoi, acumulările Kattakurgan și Kuiumazar și amenajarea complexă Akkaradaria, situată la confluența râurilor Akdaria și Karadaria cu râul Zerafșan. Amenajarea hidrotehnică Akkaradaria (fig. 3.33, a; b) a fost dată în exploatare în anul 1973.

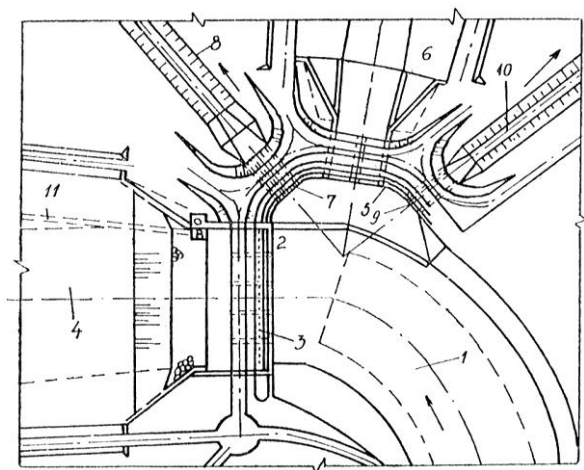
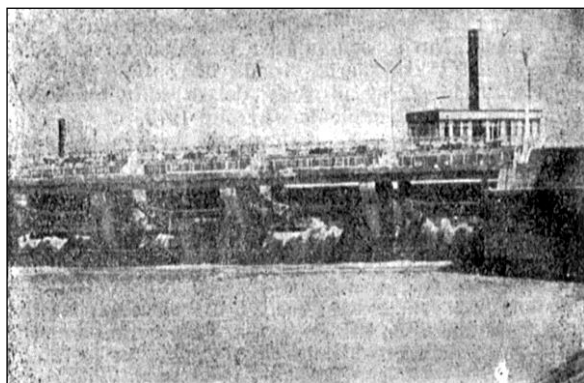
Lucrările amenajării sunt fundate pe depozite aluvionare cu nisip, având o permeabilitate de până la 562 m/24 h. Apele subterane, aflate la o adâncime de 0,5-2,5 m, sunt puțin mineralizate.

Amenajarea este compusă din următoarele lucrări hidrotehnice principale: canalul de aducțiune, curb în plan, cu o lungime de 420 m, cu dig de ghidaj și debit de 885 m<sup>3</sup>/s; două puțuri de priză; uvrajele de evacuare către Karadaria (principal) și Akdaria (auxiliar, funcționând numai în perioada viiturilor), cu canalele de restituire, calculate pentru debitele: 550 m<sup>3</sup>/s,

respectiv 230 m<sup>3</sup>/s; prizele de apă de irigație pe canalele Miankal central și Kurbanabad, calculate pentru debitele: 70 m<sup>3</sup>/s, respectiv 36 m<sup>3</sup>/s.

O atenție deosebită a fost acordată problemei aluviunilor, pentru protejarea captărilor de apă. În sectorul amenajat – Akkaradaria – turbiditatea medie a apei este de 2,3 kg/m<sup>3</sup>, atingând la viituri, în unele luni, 6 kg/m<sup>3</sup>; materialul aluvionar transportat anual fiind în medie de 5,9 milioane t/an (în suspensie) și 170.000 t/an (târât). Deci, una dintre particularitățile amenajării Akkaradaria este cerința asigurării unei prize de apă fără să antreneze depozitele de aluviuni în canalele magistrale: Miankal central, Kurbanabad, Sharkheb și Tchardjui.

Circulația transversală, creată prin conlucrarea canalului de aducțiune curb, cu pragul de configurație specială, permite să se capteze apă limpede prin centrul de priză, în timp ce materialul solid (aluviunile) să fie deversat în Karadaria.



**Fig. 3.33.** Amenajarea hidrotehnică complexă Akkaradaria, pe râul Zerafșan: a – vedere; b – planul general al amenajării Akkaradaria: 1 – canal de aducțiune; 2 – pragul în I; 3 – evacuatorul Karadariei; 4 – canalul de restituire (înapoiere al evacuatorului Karadariei); 5 – evacuatorul Akdariei; 6 – canalul de restituire al evacuatorului Akdariei; 7 – uvrajul regulator al canalului Miankal central; 8 – canalul Miankal central; 9 – uvrajul regulator al canalului Kurbanabad; 10 – canalul Kurbanabad; 11 – descărcarea aval.

Prin realizarea unui evacuator de construcție specială s-a asigurat menținerea coborâtă a nivelului apei și a patului râului Karadaria. Jgheabul de evacuare este protejat la bază printr-o îmbrăcămintă metalică (fontă oțelită).

Evacuatorul Akdariei este analog, fără ca jgheabul să fie protejat special.

Întreaga amenajare hidrotehnică Akkaradaria este automatizată. Aparatajul de comandă și control (de la distanță) permite corelarea tuturor acțiunilor ale posturilor centrale – dispecer (P.D.), cu cele de execuție (P.E.), asigurând transmiterea comenzilor, manevrarea vanelor la toate uvrajele amenajării, schimbarea pozițiilor acestora, măsurarea nivelului apei în secțiunile hidrometrice, precum și semnalizarea nivelurilor de apă excepționale.



# SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN FRANȚA

Amenajările hidrotehnice se execută în Franța pe două planuri – local și teritorial regional sau pe bazin hidrografic – și prin două tipuri de organizații – locale (asociații, syndicate) și regionale sau bazinale (S.A.R. – Societăți de amenajări regionale și C.N.A. – Companii naționale de amenajare).

În Franța, problema apelor este dirijată prin Comitetul Național al Apelor, care realizează și o serie de amenajări legate în special de protecția apelor (calitativ și cantitativ), în timp ce amenajările hidrotehnice pentru mediul rural – agricultură, energie, navigație, industrie – cad în competența organizațiilor locale sau regionale, la care prezența departamentelor – statului se face puternic resimțită, sub diverse aspecte: organizatoric, tehnic, financiar etc.

Amenajările hidrotehnice cu caracter local au ca scop rezolvarea unor probleme specifice de: irigații, drenaje, regularizări de râuri, hidroenergetică etc., în timp ce amenajările teritorial regionale sau bazinale sunt complexe, ca cele realizate de Societatea Canal Provençe sau de Compania de amenajare a Ronului.

## 4.1. ASPECTE CARACTERISTICE ALE TERITORIULUI FRANȚEI, VALORIFICATE ÎN SCHEMELE HIDROTEHNICE COMPLEXE

Franța prezintă o varietate de relieuri și peisaje, o diversitate de soluri, de nuanțe și contraste climatice și o pluviometrie care, urmând caracteristicile climatului (mai mult sau mai puțin continental) și altitudinea, conferă o resursă abundentă de apă și, în consecință, o varietate mare de soluții hidrotehnice pentru irigații, drenaje, asanări, amenajări de râuri, regularizări în scop hidroenergetic și de navigație, alimentări cu apă etc.

Diversitatea problematicii hidrotehnice a Franței este accentuată și prin:

- tripla fațadă maritimă – una deschisă spre Oceanul Atlantic, alta spre Marea Mediterană și a treia spre Marea Nordului;
- prezența celor două mari ansambluri de relieuri europene: la nord linia de câmpie care traversează Germania, Polonia și se lărgeste în fosta U.R.S.S. și la sud, compartimentarea zonei mediteraneene;
- influența exercitată de perturbațiile climatice generate de frontul polar care scaldă în timpul iernii Europa de nord-vest și influența climatului meditera-

nean, foarte blând, însă afectat de secetă.

În tehnica hidrolică, această diversitate se reflectă în suprapuneri, interdependențe, condiționări etc. de soluții de amenajare, de echipamente, de tehnici și sisteme de gestiunea apei și valorificarea fondului funciar, foarte variate.

### 4.1.1. RELIEF ȘI UNITĂȚI MORFOLOGICE

În Franța sunt bine diferențiate ca forme de relief munții și câmpiile (fig. 4.1).

Munții cei mai tineri, înălțați în era terțiară, ocupă zona estică: munții Alpi – Alpii de nord – cei mai înalți (cu vârful Mont-Blanc,  $h_{max} = 4.807$  m), umezi, foarte compartimentați, și Alpii de sud, cu o morfologie confuză – foarte uscați și relativ săraci. Pirineii, cu  $h_{max} = 3.000$  m, reprezintă o barieră continuă între Franța și Spania; aceștia sunt pietroși și săraci. Ceilalți munți, înălțați în era primară, prezintă forme de relief îndulcite: Masivul Central ( $h_{max} = 1.800$  m), care include pe de o parte lanțul vulcanic (stins), iar pe de altă parte platourile Causses.

Câmpiile, vaste întinderi, plane sau ondulate, fertile și prospere, reprezintă sediul celor mai mari și intense activități și resurse agricole.

Sunt întinse însă suprafețele ocupate și de mlaștini, nisipuri și pietrișuri, coline șistoase, cu soluri subțiri și silicioase. Importante sunt și suprafețele costiere, neproductive, aflate, în parte, sub nivelul valurilor mării, care necesită lucrări de asanare (și de tip polder), ca în Wateringues sau în zona Marais de l'Ouest.

Printre marile bazine sedimentare se diferențiază (v. fig. 4.1):

- bazinul Parisului (ocupă 1/3 din teritoriu), format dintr-o alternanță de terenuri calcaroase, marnoase și nisipoase (Sologne). Apele freatice se găsesc la adâncimi destul de importante în acest bazin;

- bazinul Aquitain, care se înscrie cu un triunghi deschis spre Atlantic și delimitat de Masivul Central și munții Pirinei, cu toate că are o structură litologică și pedologică mai uniformă, are totuși două zone care se individualizează: zona Landes, cu soluri podzolice sprijinite pe depozite nisipoase cu insule impermeabile și zona Coastelor Gascogne, una dintre cele mai vaste conuri fluvioglaciare din lume, divizată de râurile izvorâte din Pirinei;

- alte bazine agricole, de întinderi mai modeste,



Fig. 4.1. Franța: relief, hidrografie și unități morfologice.

însă cu potențial mare și culturi variate: Câmpia Alsaciei, situată între munții Vosgi și fluviul Rin, care beneficiază și de prezența unor ape freatice abundente și de bună calitate; Câmpiile Saône, care se îngustează dinspre Bourgogne până în sudul mediteranean, unde ajung ca un culoar; Câmpia Limagne și cele care însoțesc celelalte râuri, până în versanții Masivului Central.

#### 4.1.2. HIDROLOGIA, HIDROGRAFIA

Resursele de apă ale Franței sunt abundente; precipitațiile, care ajung la 600-700 mm/an în zonele agricole, depășesc peste 1.200-1.400 mm/an în zonele montane. Acest potențial, valorificat inițial cu scop energetic – (forță hidraulică și hidroelectrică) – este valorificat în ultima perioadă sub formă de amenajare

integrală, incluzând îndeosebi obiectivele agricole. Prin regularizări și stocări, abundența resurselor de apă este valorificată rațional, irigațiile putând să beneficieze de mari posibilități de extindere. În prezent, irigațiile consumă 3% din scurgerea fluvială, în anii medii, pentru ca să atingă maxim 10% în anii secetoși, ce apar la aproximativ 10 ani.

Rețeaua hidrografică a Franței este grupată în patru bazine mari hidrografice: Ronul, Loara, Garona, Sena, la care se adaugă alte câteva cursuri: mari – dar cu descărcări în afara teritoriului Franței, ca Rinul sau mai mici – cu descărcări independente, tot pe teritoriul Franței, ca Adour, Aude etc.

Ronul izvorăște din Elveția, amonte de lacul Léman și are un debit modul la vărsare de  $1.880 \text{ m}^3/\text{s}$  (corespunzând la un debit specific de  $18,5 \text{ l/s/km}^2$ ). Ronul are o curgere ponderată, alimentarea făcându-se din ploile sezonului rece, din topirea zăpezilor și ghețurilor în vară, precum și din aversele mediteraneene în timpul toamnei. Debitul minim, la etiaj, nu coboară sub  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ . Prin întinderea bazinului său hidrografic, prin panta și caracteristicile hidrologice, prin traversarea unor zone agroeconomice importante (ex. Provençe, Languedoc, Coasta de Azur etc.), constituie pentru Franța una din cele mai reprezentative surse de apă pentru: irigații, hidroenergetică, navigație (aval de Lyon) și alimentări cu apă. Printre afluenții săi, rolul de frunte îl dețin: râul Durançe, râul Saône (navigabil și arteră

economică) și râul Isère, care a făcut din Grenoble una dintre marile „capitale hidroelectrice”, cum spun specialiștii francezi.

Loara, cel mai lung fluviu al Franței (peste 1.000 km), izvorând din Masivul Central, prezintă fluctuații mari de nivel și debit (la viituri atinge  $12.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , iar în timpul verii debitul devine limitativ într-o serie de folosințe), ceea ce-i conferă un rol economic limitat. Îndiguirile au reprezentat amenajările centrale pe acest curs de apă, în scopul protejării centrelor populate și luncilor ocupate de plantații și culturi legumicole. După al doilea război mondial, au început și amenajările pentru navigație, sprijinite prin acumulări de regularizare (ex. regularizarea Naussac, în curs de realizare în anul 1981).

Garona, care izvorăște din Munții Pirinei, îm-

preună cu afluenții principali – Dordogne, Lot și Tarn – care izvorăsc din Masivul Central, domină, ca suprafață de influență și ca volume de apă, cerințele agroeconomice ale întregii zone de sud-vest a Franței. Aceste cursuri asigură alimentarea cu apă a întinselor rețele de irigații, care fertilizează suprafețele ocupate de grădini de zarzavat și plantații pomicole.

*Sena*, un curs de apă de mare importanță pentru Franța din punct de vedere al navigației (aval de Paris), ca și prin faptul că străbate capitala, prezintă un interes mai mic pentru restul ramurilor economiei limitrofe. Debitul său relativ redus ( $Q_m = 450 \text{ m}^3/\text{s}$ ), cu variații foarte mari de la sezonul ploios, când provoacă frecvente inundații în zona pariziană, la sezonul secetos (vara), când nu poate asigura cu apă cerințele, a impus crearea unor acumulări în scopul regularizării scurgerii Marnei și Senei, care sunt deja în exploatare; iar acumularea Aube se află din anul 1982 în execuție.

*Rinul*, cu toate că limitează numai pe 200 km teritoriul Franței (la N-E), reprezintă pentru câmpia Alsaciei sursa principală de apă, prin derivații directe, sau prin pânza subterană, abundentă și ușor de exploatat.

*Adourul*, *Aude* și alte cursuri costiere, deși nu sunt de importanța celor prezentate anterior, totuși, prin debitele ce le transportă, ca și prin intermediul acumulărilor aferente, contribuie la irigarea unor importante suprafețe de teren în sudul Franței: perimetrele Rousillon, Languedoc și Provençe.

#### 4.1.3. CLIMA

Prin poziția sa geografică, Franța se află la răscrucea a trei tipuri de climă: oceanică, mediteraneană și semicontinentală, prezentând fiecare nuanțele specifice sau veritabile contraste. De aici rezultă și o diversitate de probleme și soluții în corectarea unor deficite sau excese termice sau pluviale.

Scăldată către vest de apele Oceanului Atlantic, Franța resimte către interior influența unui climat temperat oceanic, caracterizat prin precipitații bine repartizate în genere – mai abundente toamna și iarna – și printr-o amplitudine termică de  $10^\circ\text{C}$  (temperatura medie anuală fiind de  $7^\circ\text{C}$  în ianuarie-februarie și de  $17^\circ\text{C}$  în iulie-august).

Către est și nord-est, climatul este semicontinental, cu temperaturi scăzute iarna și ridicate vara, amplitudinea termică putând atinge  $20^\circ\text{C}$  (ex. în Alsacia); sub aspectul precipitațiilor, se remarcă o medie a precipitațiilor anuale de 600-750 mm, pentru regiunile de câmpie. În sud-estul Franței, climatul mediteranean își întinde influența sa asupra unei optimi din teritoriul țării (12 departamente), prezentând veri secetoase, ploi slabe și prost repartizate. În toată zona sud-estică pot apare

contraste atât sub aspect termic, cât și al bilanțului hidric.

Variabilitatea precipitațiilor de la un an la altul constituie, de asemenea, o caracteristică ce a produs mari dificultăți în unii ani, nu numai în regiunile sudice, ci chiar în cele nord-vestice, impunând irigația complementară (fig. 4.2.).

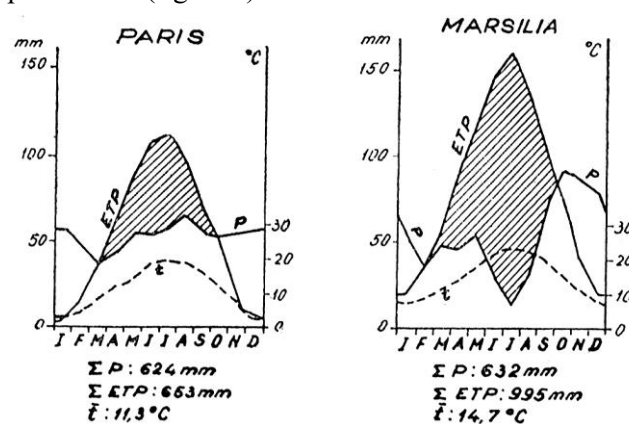


Fig. 4.2. Bilanț hidric comparativ pentru două stațiuni cu pluviometrie egală (ETP – calculată cu formula TURC; zona hașurată – deficit pluviometric).

## 4.2. APELE ȘI AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE

### 4.2.1. GOSPODĂRIREA APELOR

Cu toate că în Franța resursele de apă sunt în general bine repartizate și regimul cursurilor de apă destul de regulat, cu excepția zonelor mediteraneene, creșterea continuă a cerințelor de apă a impus elaborarea unei politici de ansamblu în domeniul apelor, promovarea amenajărilor complexe, pentru a se satisface cerințele tuturor folosințelor din bazin – din teritoriu.

Având la bază legea votată în Parlament în decembrie 1964, politica apelor este fundamentată pe trei principii esențiale, rezumate prin:

- calitatea mediului acvatic și obligativitatea menținerii în anumite limite, pentru a nu periclita viața peștilor, sursele de apă potabilă, industrială, agricolă;
- solidaritatea beneficiarilor în cadrul ansamblului hidrografic, sub aspect financiar, în bararea tendințelor de agravare a calității, în unele situații, respectiv, în stimularea și sprijinirea unor acțiuni și amenajări pentru corelarea cerințelor de apă cu resursele;
- alegerea obiectivelor de calitate, fixarea redevențelor, a programelor de lucrări și atribuirea de ajutoare stimulative, în baza unei largi consultări a diferiților beneficiari de folosințe.

Pentru cursurile mari de apă, pentru canalele de navigație (17.000 km – cursuri și canale), ca și pentru

unele lacuri, dreptul de folosire a apei aparține statului, care le poate acorda folosințelor – beneficiarilor. Capătările de apă din cursurile afluențe (250.000 km), ca și din pânzele subterane, trebuie să aibă acordul administrației de bazin.

Mijloacele economice și financiare constau în subvenții sau avansuri acordate: fie de stat, regiuni sau departamente pentru lucrările de captări de apă, construcții de acumulări complexe, rețele de distribuție, rețele de asanare, stații de epurare și de orice gen de amenajare susceptibile să amelioreze resursele de apă sau să faciliteze folosințele; fie de agențiile financiare de bazin, instituții publice de stat, cu autonomie financiară.

În fiecare departament este fixat un plan al obiectivelor de calitate, pentru fiecare râu și tronson de râu pe 10-15 ani, cu programul adecvat de luptă contra poluării.

Schemele de amenajare de bazin sunt elaborate după o amplă consultare a tuturor factorilor interesați (pe subbazine), pentru a se putea asigura corelarea tuturor intervențiilor – amenajărilor în domeniul apelor, pe bazinul hidrografic. Aceste scheme se elaborează sub responsabilitatea unui Comitet de Bazin.

La nivelul țării există un organism consultativ, Comitetul Național al Apelor.

Organismele de bazin – Comitetul și Agenția – organizate prin legea din decembrie 1964, sunt descentralizate la nivelul fiecărui bazin hidrografic.

Comitetul de Bazin are rolul unui mic parlament al apei (situație asemănătoare vechilor organizații de ape din Sevilla – Spania).

Existau în Franța, în anul 1981, șase Comitete de Bazin cu Agențiile financiare de Bazin, care acopereau ansamblul teritoriului.

#### 4.2.2. AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE

Amenajările complexe – pe bazine hidrografice, pe cursuri de apă și pe vaste teritorii, au avut influență hotărâtoare asupra întregii economii a țării și în special asupra celei agrare.

Mutațiile economico-sociale produse în ultimele decenii au impus măsuri energice, care au urmărit – pe lângă valorificarea multilaterală a resurselor de apă și a fondului funciar – și o serie de alte aspecte social-economice.

Repartiția folosințelor agricole pe teritoriul Franței este următoarea: din totalul de aproximativ 55 milioane ha, producția agricolă ocupă circa 31 milioane ha, silvicultura 13 milioane ha și 1,3 milioane ha construcții, orașe etc.; diferența reprezintă spații naturale protejate (parcuri naționale, zonale, rezervații) și terenuri nevalorificate încă.

Rolul lucrărilor de hidroameliorații a fost prioritar în modernizarea agriculturii. În perioada 1950-1980, agricultorii francezi au marcat un interes crescând față de *amenajările hidraulico-agrare* (cum se numesc în genere în Franța lucrările de hidroameliorații), ajungând la concluzia că „stăpânirea apei” constituie factor de producție indispensabil.

Lucrările realizate în domeniile irigațiilor, asanărilor – drenajelor și amenajărilor de râuri au beneficiat de mijloace și structuri organizatorice diverse: organizații locale pentru lucrările mici și organizații regionale pentru lucrările mari și complexe, creându-se în acest scop Societăți de Amenajări Regionale – S.A.R.

**Irigațiile.** Acestea s-au bucurat de o mare atenție în ultimele trei decenii: irigații permanente în zona mediteraneană și centrală și complementare în zonele umede și subumede (fig. 4.3).

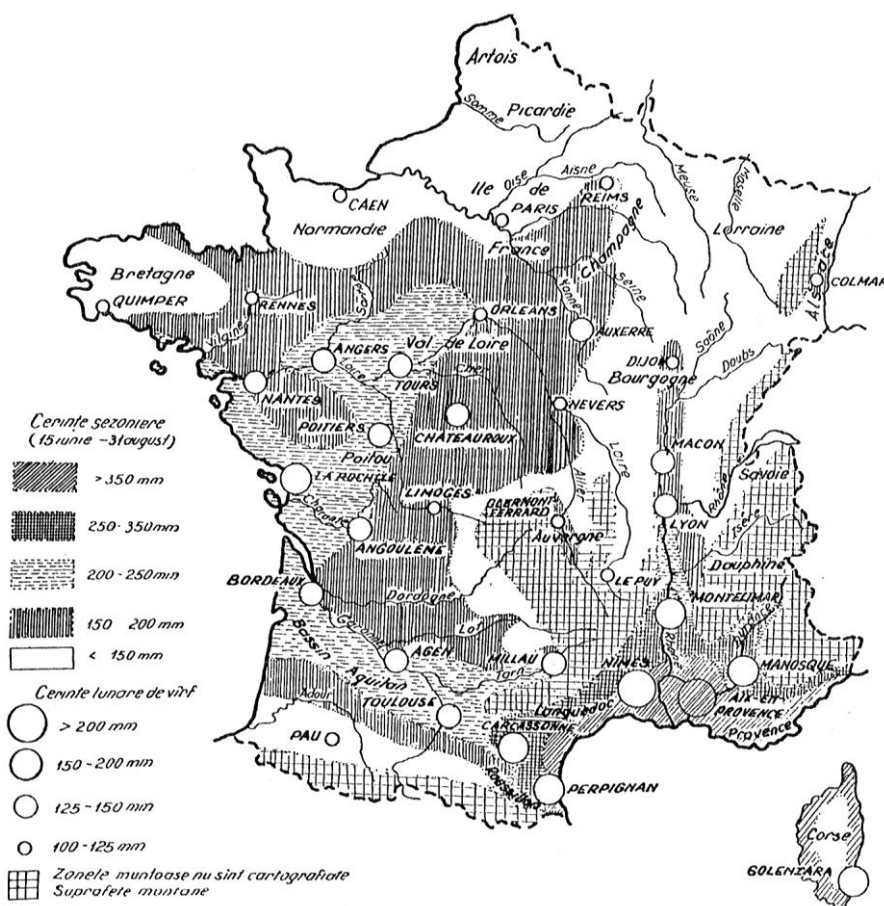


Fig. 4.3. Cerințe în apa de irigație pentru porumb (frecvență de 1/5 ani și pentru o rezervă de 150 mm).

În sudul țării, accentul s-a pus pe crearea de surse de apă, lucrări de transport și rețele de irigații cât mai moderne, echipate pentru a funcționa în regim automatizat. Cu privire la crearea resurselor de apă (prin acumulări, redistribuiri, transferuri), trebuie reliefat faptul că acestea sunt destinate satisfacerii folosințelor multiple, irigațiile reprezentând una dintre aceste folosințe cu preponderență cantitativă.

Pentru creșterea și protejarea producțiilor agricole, irigațiile se dezvoltă în toate zonele, chiar în cele recunoscute ca umede și în special acolo unde solurile sunt puțin adânci. În funcție de caracteristica climatică a zonei, structura și configurația rețelei de irigație și în special a celei de aducțiune-transport, diferă foarte mult, conducând la soluții și structuri organizatorice diferite.

În cazul zonelor mediteraneene și centrale, cu deficit climatic regulat și ridicat, s-au amenajat mari complexe colective, alimentate cu apă transportată gravitațional de la distanțe mari, apă valorificată și în scop energetic și pentru alte folosințe; așa este cazul Amenajării Provençe și Bas-Rhône-Languedoc.

În alte cazuri, când resursele de apă de suprafață sau subterană sunt abundente, iar deficitul de apă este redus, deci se cer investiții reduse, se realizează amenajări locale direct de către beneficiari sau de către mici asociații care construiesc și acumulări modeste – lacuri colinare (ex. în Lot și Garone, în Aquitaine etc.) sau prin intermediul unor asociații sindicale importante (ex. în câmpiile Lot, Ariège, Durançe, Allier, Ronul inferior etc.).

La începutul secolului al XX-lea, erau amenajate pentru irigații circa 200.000 ha în regiunea mediteraneană, în zona Provençe și în diferite masive montane, unde dominau vechile sisteme prin care erau irigate pășunile, prin rigole.

După anii 1950-1955 se înregistrează un avânt al irigațiilor, concomitent cu apariția tehnicii aspersiunii, îndeosebi în zona mediteraneană.

Ușurința adaptării acestui sistem la condițiile topografice variate și la sursele mici de apă, ca și dezvoltarea unei baze industriale de materiale și echipamente de aspersiune, sunt cauze ale generalizării acestei tehnici, în perimetrele noi (Provençe, Languedoc-Roussillon, Valea Ronului, Corsica), ca și în zonele subumede, unde irigația are rol complementar (Bazinul parizian, regiunea Centrală, în nordul regiunii Ron-Alpi, Alsacia).

Se adaugă, în majoritatea complexelor mari, avantajele aduse de obținerea energiei electrice locale, prin hidrocentrale inserate în schema hidrotehnică, care au facilitat extinderea aspersiunii.

Paralel cu extinderea aspersiunii, trebuie reliefate menținerea și protejarea sistemelor tradiționale de

irigații prin scurgere la suprafață (cum este cazul în regiunea provençală), dar care încetează să se mai extindă, excepție făcând regiunea Camargue.

Paralel cu extinderea geografică a irigațiilor se înregistrează și evoluția tehnicilor, marcate prin:

- automatizarea din ce în ce mai complexă;
- modernizarea sistemelor de distribuție a apei la

parcele;

– înlocuirea sistemului vechi de aripi de aspersiune cu aspersoare deplasabile la fiecare udare, prin sisteme de rampe fixate la distanțe mai mari, echipate cu conducte flexibile, permițând deplasarea aspersoarelor fără demontarea conductelor;

– generalizarea, după anul 1960, a echipamentelor ale căror tipuri-modele evoluează rapid: aspersoare uriaș-gigant cu poziții fixe, aripi de aspersiune tip pivot deplasabile hidraulic sau electric, aspersoare tip tun autodeplasabil cu udare în benzi rectangulare etc.;

- microirigația cu presiune mică.

În anul 1979 erau amenajate pentru irigații 1.325.000 ha (4% din suprafața agricolă utilizată), repartizate între 149.000 unități agricole (12% din totalul unităților agricole franceze).

Ritmul de echipare anuală al amenajărilor pentru irigații era în 1981 de 40.000 ha/an. Preocupările actuale ale specialiștilor în irigații sunt îndreptate spre tehnicile de irigat, în sensul suplinirii forței de muncă – deficitară în acest sector –, precum și în scopul reducerii considerabile a energiei consumate în irigații.

**Asanările și drenajele.** Teritoriul agricol al Franței suferă de exces de umiditate, datorat următoarelor cauze:

– existența unui orizont puțin permeabil în apropierea suprafeței solului, care provoacă formarea unei pânze temporare de apă sub influența precipitațiilor de iarnă și de vară;

– ridicării periodice a pânzei freatice, datorită precipitațiilor prelungite din iarnă;

– naturii însăși a solului, sau prezenței hardpaulului, care creează o blocare temporară a orizontului de sol lucrat.

Prin asanare și prin drenaj, întinse suprafețe sunt ameliorate și pregătite pentru producții mari și stabile. Apariția tuburilor de drenaj din materiale plastice și a mașinilor de pozat drenurile au facilitat extinderea acestei tehnici în bazinul parizian (zonă supusă desecării de multă vreme), în Nord-Pas-de-Calais (Wateringues), în Normandia (Pays d'Ouche), în Câmpia Ardennes (Perthois), în Lorraine, în Bourgogne, în Auvergne, în Limousin și în Aquitaine, pe soluri grele, cu nivel ridicat al apelor freatice, precum și în zona mlăștinoasă de vest. În zonele joase de litoral și deltă, drenajul limitează contactul între apele dulci și cele marine, iar în zona Camarque, drenajul combinat cu

irigația permite controlul nivelului pânzelor de apă, protejând astfel solurile contra resalinizării.

Drenajul mai are marele rol, în această zonă ecologic fragilă (litoral-delte), de a permite un echilibru între activitățile productiv agricole-economice și cele de protecția naturii, precum și asupra calității apelor.

Evoluția amenajărilor de drenaj este mult susținută de existența unui parc considerabil de mașini drenoare, pentru deschiderea tranșeei, pozarea drenului și acoperire; în 1979 erau în funcțiune peste 350 mașini drenoare. Execuția complet mecanizată a drenajului a condus și la scăderea simțitoare a investițiilor. Astfel, dacă în urmă cu 20 ani costul execuției normale a drenajului era comparabil adesea cu valoarea terenului (ha), în prezent, drenajul, cu aceleași caracteristici de adâncime și distanță, se ridică în medie la 1/5-1/3 din valoarea terenului. Și acesta este motivul pentru care ritmul de dezvoltare a acestei tehnici este foarte intens; în Franța erau asanate în 1980 circa 2 milioane ha, din care 950.000 ha erau drenate.

Ritmul anual de dezvoltare a drenajului subteran a crescut de la 32.800 ha în 1974, la 90.000 ha în 1980, în timp ce asanarea-desecarea prin canale deschise a înregistrat un ritm anual mediu de circa 40.000 ha.

Durata de recuperare a investițiilor în drenaj a fost estimată în medie la 12 ani, socotind sporul mediu de producție prin drenaj la 5-15 q/ha, iar la furaje – în unități furajere – de 800 UF/ha.

**Amenajarea cursurilor de apă.** Deși rețeaua hidrografică a Franței este bogată și bine distribuită pe întreg teritoriul, condițiile naturale – relief, climă, grad de acoperire etc. – au condus la diferențieri între aceste râuri, cu consecințe asupra efectelor produse în teritoriu și asupra genului de amenajări necesare. Cele trei categorii: râurile de câmpie, cele de munte și râurile mediteraneene, joacă un rol important în agricultura și întreaga economie a Franței, atât pentru acoperirea cerințelor de apă, cât și ca evacuatori ai apelor excedentare. De asemenea, rolul energetic și ecologic al râurilor franceze este bine evidențiat prin amenajările realizate.

Factorii umani-economi și naturali, conjugați, au condus în cazul a numeroase râuri, la deteriorarea stabilității albiei, a echilibrului biologic și la provocarea de eroziuni și inundații. Viiturile de toamnă în zona mediteraneană și cele de primăvară în restul țării, provocând mari inundații, au determinat construirea unor importante amenajări, cu soluționări diferite în timp.

Astfel, până în anul 1970 s-a acordat prioritate lucrărilor de regularizări de albie: recalibrări, adânciri, lărgiri, rectificări, albie noi. Ulterior, acestor tehnici, destinate apărării, protejării obiectivelor agro-economice și sociale, li s-au adăugat lucrările de valorificare a

mediului, de dezvoltare a pisciculturii și a lacurilor de agrement, de modificare a regimului de scurgere și al debitelor solide, de evacuare dirijată a apelor uzate, pentru extracții de materiale din albie etc. În tehnica actuală se urmărește realizarea amenajărilor necesare, fără a se sacrifica mediul natural, ci din contră, readucerea la echilibrul natural fiind o linie directoare a planurilor de amenajare.

În funcție de mărimea suprafețelor incluse în amenajare, de complexitatea lucrărilor și diversitatea folosințelor interesate, și de modul de finanțare și organizare a execuției și exploatării, se diferențiază două grupe mari de amenajări hidrolic-agrar:

– *amenajările locale*, executate prin eforturile asociațiilor de beneficiari (sindicate) și care sunt destinate rezolvării unor probleme hidrolic-agrar locale, cum se va vedea în exemplificările ce urmează;

– *amenajările complexe* – regionale sau bazinale, executate prin marile Societăți sau Companii de Amenajări Regionale, create de stat, ca organisme regionale complexe (exemplu Societatea Canal Provençe – S.C.P., Compania Națională a Ronului – C.N.R. etc).

#### 4.2.2.1. Amenajările locale hidrolic-agrar

Acestea ocupă în Franța suprafețe mari, în special în domeniul asanărilor-drenajului (aproximativ 2 milioane ha), iar în domeniul irigațiilor, preocupările foarte vechi care au condus la realizarea unor amenajări cu un grad mai redus de tehnicitate sunt în prezent reluate. În continuare vor fi prezentate, pe scurt, cele mai reprezentative amenajări locale (fig. 4.4.), răspândite în diverse zone și condiții climatice din Franța.



Fig. 4.4. Răspândirea amenajărilor hidrolic-agrar locale.

**Wateringurile din zona Pas de Calais – Dunquerque** (fig. 4.4, zona 1). Reprezintă ansamblul de lucrări de asanare a terenurilor situate sub nivelul mării, în nordul Franței și în Țările de Jos (în limba flamandă termenul Watering înseamnă „cerc de apă”; semnifică, de asemenea, zona geografică „joasă”, precum și organizația administrativă). Aceste mlaștini maritime sunt

„protejate” de Marea Nordului prin cordoane de dune. Altitudinea acestor terenuri joase este cuprinsă între nivelurile fluxului și refluxului; anumite ridicături (Bergues) ajung până la 10 m înălțime, iar zonele joase, până la -1 și -2 m (raportat la nivelul Franței).

Limitele geografice ale Wateringurilor franceze formează un triunghi de 90.000 ha, ale cărui vârfuri sunt Calais, Dunkerque și Saint-Omer (fig. 4.5).

Teritoriul este străbătut de râul Aa și de o rețea hidrografică densă și complexă (asanare-navigație), realizată din timpuri vechi, începând cu sec. I î.e.n. și care-și găsește evacuarea prin cele trei estuare (Calais, Gravelines și Dunkerque). Înainte de a fi amenajate porturile cu ecluze, marea intra la flux în interiorul terenurilor.

Istoria Wateringului este îndepărtată și bogată în evenimente generate de lupta continuă a omului pentru stăpânirea și protejarea uscatului contra inundațiilor – fluxului. De 4-5 ori pe secol, terenul este „devastat” – cum spun francezii, de inundații și războaie.

După cel de-al doilea război mondial, au avut loc două inundații foarte mari, care au determinat declanșarea unui plan general de amenajare, bazat pe drenarea generală, cuprinzând:

– adâncirea sistematică a ansamblului de canale existente, pentru a permite descărcarea apei drenată prin rețeaua de drenuri nou construită (fig. 4.6). În anul 1981, pe o suprafață asanată de 60.000 ha, erau deja executate 22.500 ha drenuri. Ritmul de drenare în zona Watering este de 7.500 ha/an;

– protejarea taluzurilor canalelor săpate în teren instabil;

– stații de ridicare a apei din canale în emisare;

– stații de pompare pentru evacuarea apelor din emisarele protejate contra mareelor înalte, în mare (fig. 4.7).

Concomitent cu reamenajarea rețelei de canale-colectoare și emisare s-au creat condiții pentru navigație fluvială, în continuă creștere.

**Drenajul în zona d'Ouche** (v. fig. 4.4, zona 2).

În N-V Franței, în Normandia, la 100 km vest de Paris, se află o zonă naturală, d'Ouche, în suprafață de 66.000 ha, sub formă de platouri (cu altitudini de 220-180 m), cu soluri variate (derivate din depozite măloase), amplasate pe un strat subțire de pietriș, sub care se găsește stratul impermeabil din argilă.

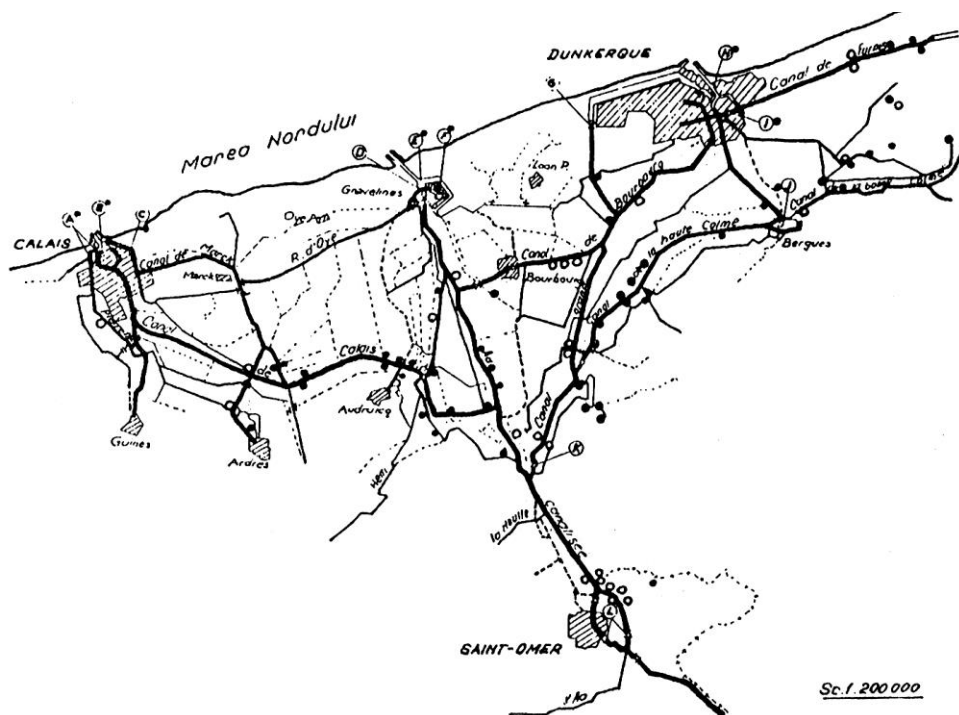
Precipitațiile relativ ridicate (media 700 mm/an, cu variații de la 600 la 900 mm/an), în condițiile unei

temperaturi medii anuale de 10°C în condițiile pedo și hidrogeologice amintite, concură la instalarea unui exces de umiditate, care prejudiciază culturile agricole, pe mai bine de 60% din suprafața totală.

Lucrările de amenajare – asanare, drenaj – au fost prevăzute și organizate pentru două faze.

*Lucrările din faza I* urmăresc asigurarea scurgerii apelor de suprafață în prima urgență și a apelor freatice drenate, ulterior. Aceasta se realizează prin amenajarea canalelor și colectoarelor, precum și prin regularizarea emisarilor.

Studiile necesare primei faze, în special cele hidraulice, au fost concentrate asupra amenajării canalelor de desecare și colectoarelor generale. Pentru calculul debitelor de evacuare din rațiuni tehnico-economice, sunt luate în considerare intensitățile ploilor maxime de 24 ore, cu periodicitate anuală



**Fig. 4.5.** Amenajarea hidroagricolă a Wateringurilor: A – estuarul canalului Pierrettes (port la mare și stația de pompare); B – stația de pompare a Canalului Calais; C – stația de pompare a Canalului Marek; D – estuarul râului d'Oye (închidere la mare și stație de pompare); E – port la mare (Schelfuliet); F – canalul de desecare al fortificațiilor Gravelines; G – stația de pompare Mardyck; H – stația de pompare Tixier; I – stația de pompare a celor 4 ecluze; J – stația de pompare de bază Colme; K – partitorul Watten; L – bazinul decantor St.-Omer. Stații de pompare pe colectori secundari: ● existente; ○ în construcție (1981).

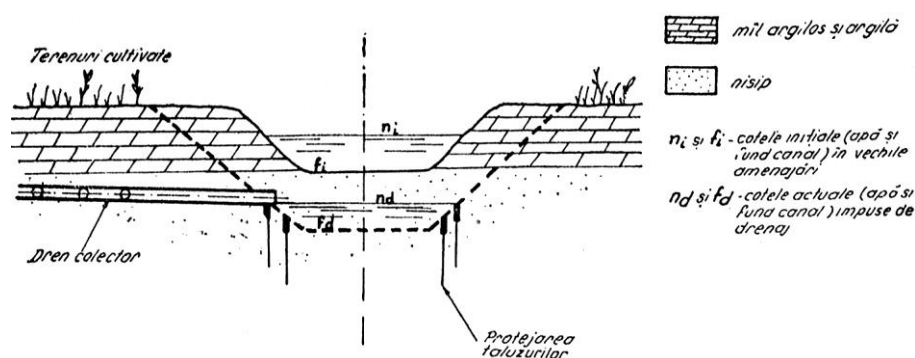


Fig. 4.6. Schema reprofilării canalelor.

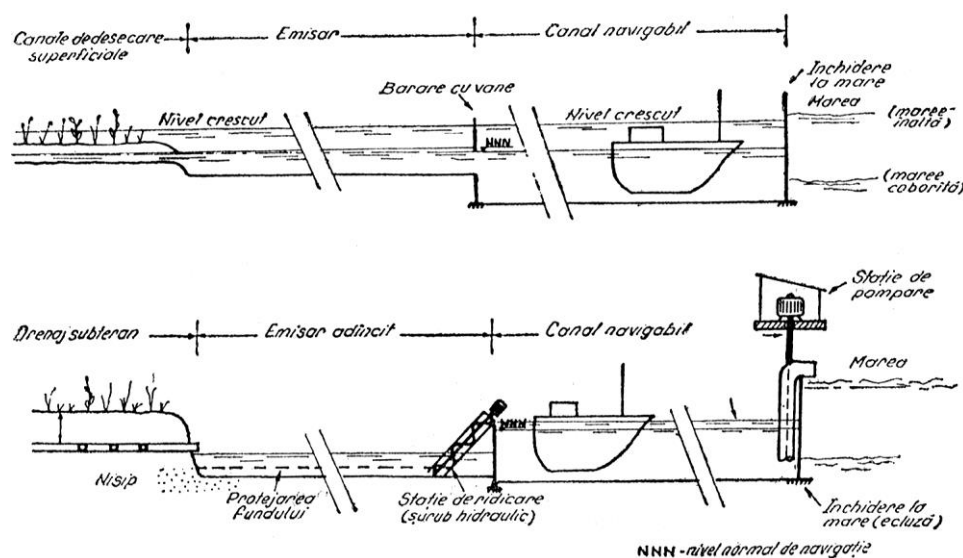


Fig. 4.7. Schema profilului longitudinal al amenajării Watering: a – în soluția tradițională; b – în soluția nouă.

(aici sunt de 47-40 mm). Începând de la acestea, au fost determinate intensitățile ploilor mai mici, ploaia de 6 ore fiind reținută pentru toate bazinele de concentrare inferioare acestei durate.

Aceste studii și analize au dus la soluția reținerii rețelelor deschise pentru canalele mari de colectare și evacuare, cu descărcări în văile seci, în timp ce pentru desecarea propriu-zisă s-a optat pentru canale închise – drenuri.

În anul 1981 erau executate deja 225 km canale deschise, cu lățimea de 3-7 m și cu benzi de exploatare pe întreaga lungime. Pe lungimea de 60 km, canalele cu debite reduse au fost înlocuite cu colectoare de drenaj îngropate, cu diametre mari, din beton simplu.

Execuția, ca și întreținerea lucrărilor, este asigurată printr-o asociație (sindicat) intercomunală, care grupează 40 comune.

Lucrările din faza a II-a, pentru drenaj, reclamă studii mult mai ample, mai complexe. Au fost stabilite trei grupe de studii necesare.

– Studii social-economice, care se desfășoară

prin zonarea terenurilor pe planuri la scala 1/10.000, funcție de restricțiile agricole față de umiditatea terenurilor. Criteriul de zonare a fost durata medie de uscare (a terenurilor) în primăvară. Au rezultat patru situații: soluri sănătoase: cu uscare în mai puțin de o săptămână; soluri puțin umede: cu uscare în 1-2 săptămâni; soluri umede: cu uscare în 2-3 săptămâni; soluri foarte umede: cu uscare peste 3 săptămâni.

Printr-o largă anchetă agroeconomică, s-a fixat, pentru o anumită perioadă (ex. în 1973 au fost anchetate 300 unități agricole), efectul economic datorat excesului de umiditate al solurilor din cele 4 grupe.

– Studii pedologice sistematice, care se realizează prin cartografierea solurilor la scala 1/10.000, cu scopul principal de a raiona diferitele tipuri de sol după proprietăți, comportament și de a defini modalitățile de amenajare hidrolică și agricolă. Studiile de teren (un profil pedologie la 20 ha și un sondaj la 2 ha) și ana-

lizele fizico-chimice au permis ca, împreună cu măsurătorile hidrodinamice „in situ” (200 piezometre la 42.000 ha), să fie determinate valorile necesare ale parametrilor pentru drenaj (au fost diferențiate, în zona d'Ouche, 30 tipuri de sol).

– Studii hidrodinamice și calculul rețelelor, care se fac prin raionarea suprafețelor omogene din punct de vedere hidrodinamic și al caracteristicilor fizico-chimice (conductanța hidrolică fiind de primă importanță; în întreaga zonă a variat între limite largi: 0,3-0,6 m/zi) și montarea de rețele de drenaj experimentale, pentru fiecare raion de sol; studiile au arătat că se poate adopta un drenaj sistematic, cu linii de drenuri paralele, în cele mai multe cazuri. Distanța optimă de referință dintre liniile de drenuri a variat între 10 și 17 m; pentru fiecare raion de sol (din cele 30 stabilite), distanța a fost determinată, în afara datelor fizico-chimice și hidrodinamice, și de valoarea medie a precipitațiilor ( $P = 700$  mm/an), panta terenurilor, adâncimea medie de drenaj (0,8 m), coeficient de restituție etc., cu corijările prin proiectare, în funcție de situația specifică a fiecărei



parcele de drenaj.

Aceste studii de ansamblu au permis cunoașterea pentru fiecare tip de sol a câștigurilor suplimentare probabile aduse prin drenaj și deci, rentabilitatea și timpul de recuperare a investițiilor.

**Irigații cu apă din puțuri în Beauce** (v. fig. 4.4, zona 3). Beauce este un platou calcaros (lacustru din miocen), acoperit de materiale mălo-argiloase (ultima glaciație Würm) recalcificate.

Altitudinea platoului variază între 140 și 160 m și este segmentat prin albiile de râuri, ce coboară până la 100 m.

Climatul – tipic continental, cu precipitații anuale slabe (550-600 mm/an), dar repartizate regulat în circa 160 zile; 50-70 zile sunt cu ceață (septembrie-ianuarie); luna iulie este secetoasă. Zona Beauce ( $S \approx 560.000$  ha), aparținând celor două bazine hidrografice (Sena și Loara), are o suprafață agricolă de 450.000 ha (80%), din care arabilă 350.000 ha.

Natura solului și clima reunesc condițiile favorabile pentru a cultiva cereale de iarnă, sfeclă de zahăr și porumb-boabe (în ordine descrescând: grâu, porumb, porumb boabe, orz și sfeclă).

Irigațiile au început aici în 1955, la porumb și sfeclă, care sunt în mod deosebit sensibile la secetă. Tehnica de irigat adoptată este aspersiunea prin echipamente individuale atașabile surselor punctuale (puțurilor, forajelor – individuale sau grupate), începând cu aspersoarele cu poziție fixă și deplasabile manual, până la aparate mobile cu aspersoare mari – tun și enrurol, rampe – aripi turnate cu pivot central.

Ca surse de apă sunt folosite două acvifere: *primul*, constituit de pânzele subterane din calcarele Beauce (la nord de fluviul Loara) aflate la adâncimea de 15-25 m (cu nivel liber) și având debite foarte ridicate: 100-500 m<sup>3</sup>/oră și foraj.

Rezervele de apă sunt importante, iar variația nivelurilor nu depășește 3 m. Caracteristicile esențiale ale depozitului acvifer sunt: permeabilitatea mare și ușurința de dizolvare (a calcarelor) sub acțiunea mecanică și chimică a apelor (carbogazoase). Calcarele zonei Beauce sunt foarte carstificate, cu numeroase galerii. Apa are mineralizarea obișnuită a terenurilor calcaroase, cu o duritate medie de 30° și cu pH-ul neutru sau ușor bazic. Stratul acvifer este sensibil la poluanți și în special la nitrați, care ajung la 30-60 mg/l, în numeroase foraje; *al 2-lea acvifer*

(în straturile de cretă din vestul Beauce) – exploatat prin foraje fiind sub presiune (stratul de argilă acoperă depozite de acvifer calcaros) – este mai puțin productiv, având debite ce ajung foarte rar la 100 m<sup>3</sup>/oră și foraj și adâncimea de 10-20 m. Apa are duritatea de 30° și o poluare inferioară celei din straturile calcaroase cu nivel liber.

Cerințele de apă ale culturilor (stabilite prin serviciul de hidraulică al Ministerului Agriculturii, valorificând datele a 6 stațiuni meteorologice din periferia zonei Beauce) au fost stabilite funcție de rezervele de apă ușor, utilizabile (R.U.U.), de sol, pentru diverse frecvențe (tabelul 4.1).

Irigațiile practicate sunt de „vârf”, în principal, în perioada iulie-august.

Evoluția volumelor de apă consumate din puțurile existente – construite (600 puțuri în 1969, 1.000 în 1975 și aproximativ 1.350 în 1978) se arată în tabelul 4.2, din care se poate desprinde și o anumită concepție în domeniul respectiv.

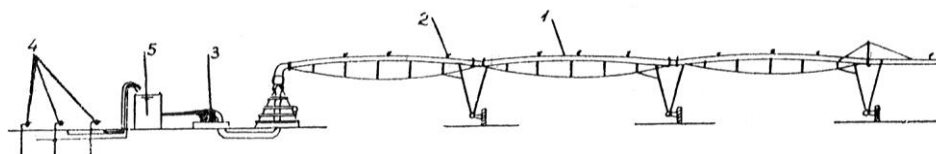
**Tabel 4.1.** Cerințe în apă pentru porumb în iulie-august (m<sup>3</sup>/ha)

Rezerve de apă ușor utilizabile (mm)	La frecvența		
	1 an din 2 ani	1 an din 5 ani	1 an din 10 ani
50	1.400	1.960	2.150
100	1.050	1.790	2.050
150	570	1.370	1.750

**Irigații cu apă din puțuri, în S-V Franței – în Landuri** (informații pentru alimentarea cu apă a irigației prin rampe pivot din stratul freatic, cu debit concentrat redus, printr-un număr mai mare de foraje) (v. fig. 4.4. zona 4). În S-V țării, solurile nisipoase ale

**Tabel 4.2.** Evoluția volumelor de apă consumate și suprafețele irigate (recenzate – declarate)

Anul	1972	1973	1974	1976	1977	1978	1979	Observații
Durata udării (în zile)	30	15	40-45	60-90	L	L	40-45	L – Lipsesc datele din documentare
Volume de apă prelevate, în 106 m <sup>3</sup>	27,5	13,0	60,0	70-120	L	L	55-60	
Suprafețe irigate, în ha	40.000 (1)	L	L	35.000 (2)	32.000 (2)	38.000 (2)	40.000 (2)	(1) – recenzat; (2) – declarat de beneficiar



**Fig. 4.8.** Schema unei rampe pivot, cu sursă de apă subterană și rezerve tampon: 1 – rampa pivot; 2 – aspersor; 3 – electropompă de presiune; 4 – electropompe (pentru scos apa subteran); 5 – rezervor.

landurilor, în suprafață de 1.500.000 ha (2/3 ocupate de păduri de pin și 1/3 folosințe agricole), cu tot climatul umed, reclamă irigații 4 ani din 5. Pânza freatică fiind la mică adâncime, soluția irigației prin rampe pivot (fig. 4.8), cu mână de lucru redusă, și-a găsit o largă răspândire.

Întrucât debitul cu care funcționează acest echipament este foarte mare, iar stratul freatic nu poate asigura printr-un singur foraj acest debit, s-a recurs la soluția unei baterii de puțuri, cu un rezervor tampon, pentru deservirea unei rampe.

**Irigații antigel pentru protejarea viilor din Champagne** (v. fig. 4.4, zona 5). Întinsele suprafețe de vii din Champagne (25.000 ha), beneficiind de condițiile climatului, continental, sunt totodată supuse riscurilor generate de gerurile târzii de primăvară.

Eforturile multor categorii de specialiști, în a proteja plantațiile de vii contra înghețurilor târzii prin perdele de fum și încălzirea atmosferei locale, prin diverse tehnici și procedee (ca: încălzitoare cu cărbune, arzătoare cu propan, cu aer cald etc.), sunt materializate aici, prin cele 3.000 ha de vii protejate. În perioada 1970-1975 a început să se practice în zona viticolă Champagne irigația prin aspersiune antigel, cu rezultate apreciable.

Zonele care necesită îndeosebi protecție antigel corespund bazei versantului și depresionilor de pe pante.

Echipamentul de aspersiune antigel folosit, cu mici excepții pentru suprafețe de 20-40 ha, acoperă, în general, suprafețe mici, de până la 2 ha. Principalele instalații sunt de tip Irrifrance, Sotradies și Wright-Rain și se aleg astfel încât să se adapteze condițiilor climatice, pedologice și geografice regionale.

Analiza cerințelor energetice ia în considerare următorii parametri: temperaturile ambiante, fenomenele radiative și convective, higrometria aerului, viteza vântului și volumul culturii de protejat.

Cerințele de apă uniform repartizate la ha, pot varia între  $12 \text{ m}^3$  și  $75 \text{ m}^3$  pe oră, cu o pluviometrie orară de 1,2-7,5 mm, pentru un ger în vie de  $-5^\circ\text{C}$ .

În proiectare este indicat să se prevadă  $50 \text{ m}^3/\text{ha}$  și oră pentru o durată de protecție de 8-10 ore; aceasta reprezintă un volum de apă de 400-500  $\text{m}^3/\text{ha}$  și noapte.

Întrucât sunt greu de găsit surse de apă (râuri sau freatic) în apropierea plantațiilor de protejat, din care să se poată pompa direct și în timp scurt asemenea cantități, amenajările de irigații de protecție se prevăd și cu re-

zerve de apă (acumulări). Deși asemenea suplimentări ridică valoarea investițiilor, producțiile obținute, datorită protejării, justifică din plin aceste eforturi, exemplele din Champagne fiind edificatoare. Astfel, un ger târziu din anul 1971 a compromis producția totală (100%) pe o suprafață de 700 ha, dintr-un masiv de 1.100 ha vii, în condițiile neprotejării.

O altă constatare din Champagne, care trebuie reținută, se referă la faptul că pentru siguranța protejării antigel, se impune prelungirea funcționării instalației de aspersiune între limitele de temperatură: pornirea la  $-0,5^\circ$  -  $-1^\circ\text{C}$  sau  $0^\circ\text{C}$ , la umiditate importantă și oprirea la  $+1^\circ$  -  $+4^\circ\text{C}$  când gheața este topită.

**Amenajarea Văii Authion** (v. fig. 4.4, zona 6). Aceasta poate constitui un exemplu de luncă inundabilă redată circuitului economic intens, prin măsuri hidrolic-agrare parțiale, devenită ulterior înfloritoare, pentru ca apoi să decadă, să se devitalizeze. Această luncă formează în prezent obiectul unui vast plan de amenajări și reorganizări rurale.

*Condițiile naturale și economice înaintea proiectului de amenajare complexă* (1960-1970). În albia majoră a fluviului Loara, străbătută longitudinal de râul Authion, o suprafață de peste 40.000 ha suferea frecvent de inundații, provocate atât prin revărsări – peste maluri, cât și prin remuul produs în zona de confluență a râului Authion (fig. 4.9). Amenajări specifice zonelor de vărsare – estuare – sunt date în subcap. 4.3.3.

Această vale, din dreapta fluviului Loara, cu o lungime de circa 60 km, amonte de Angers, reprezentând de fapt lunca Loarei, inundabilă de apele mari ale fluviului și scurse din bazinul versant propriu ( $S \approx 1.500 \text{ km}^2$ ), a început să devină o unitate diferențiată, după execuția digurilor de apărare (diguri rudimentare, terminate sub Henric al IV-lea). Condițiile climatice dulci, solurile fertile, legăturile rutiere și feroviare au făcut ca, în timp, să se dezvolte o viață agroeconomică

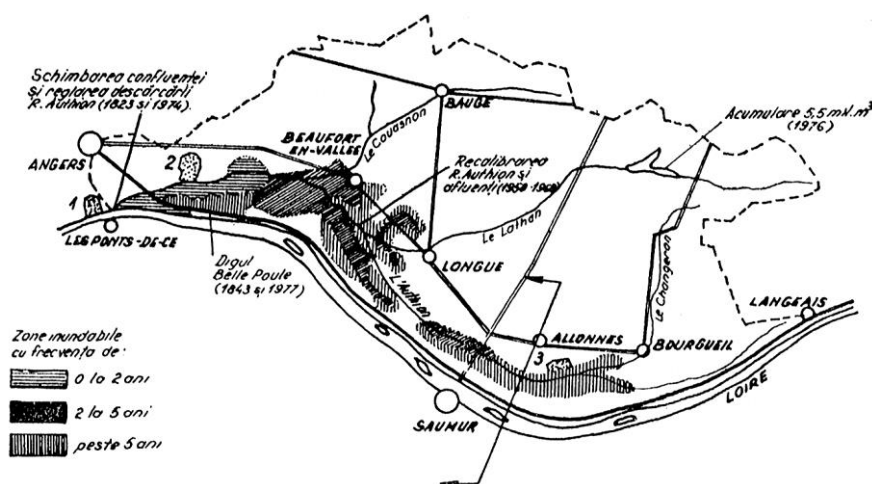


Fig. 4.9. Amenajarea hydraulică a Văii Authion: 1 – rețea de irigație – 450 ha (1961); 2 – rețea de irigație – 400 ha (1969); 3 – rețea de irigație – 200 ha (1976).

înfloritoare, cu o populație densă.

Dar, în perioada viiturilor, cotele Loarei fiind superioare celor ale Authionului (fig. 4.10), aproape întreaga luncă era inundată, cu toată îndiguirea (rudimentară) existentă.

În timp, au fost realizate și verificate diverse soluții: vane mobile care să împiedice remuul; diguri locale (digul Napoleon, digul de la Daguenière); mutarea confluenței în aval cu 6 km, valorificând diferența de pantă a Loarei (20 cm/km) și a Authionului (8 cm/km), ceea ce a permis coborârea cotei celor mai înalte ape cu circa 1 m.

Cu timpul însă, s-a ajuns la o degradare progresivă a rețelei hidrografice din luncă, prin inundațiile regulate – care la fiecare 1-2 ani afectau peste 2.000 ha, la fiecare 5 ani afectau 7.000 ha, iar la viiturile catastrofale (ca cele din 1856, 1910, 1919, 1937...), peste 20.000 ha (din suprafața totală de 40.000 ha).

La această stare hidrografică nefavorabilă adăugându-se concurența economică a altor regiuni, inadaptarea structurilor funciare condițiilor moderne de exploatare (suprafețe medii ale parcelelor de 0,40 ha și suprafețe medii ale gospodăriilor-exploatărilor de 3 ha), îmbătrânirea populației agricole și absența investițiilor, se poate explica devitalizarea – devenită inevitabilă – a acestei regiuni.

*Prevederile proiectului nou.* Soluțiile proiectului au rezultat din convergența și suprapunerea a trei probleme:

- necesitatea amenajării hidraulico-funciare a Văii Authion;

- horticultura franceză este deficitară, iar Angersul are condiții de a deveni un mare centru horticola, pepinierele ocupând un loc preponderent;

- horticultura se practica în special pe terenurile din periferie și chiar din Angers. Când a început extinderea explozivă a orașului, prin urbanizarea din ultimele decenii, aproape exclusiv pe seama horticulturii, aceasta – după declinul înregistrat – a început să fie transferată în Valea Authion. Această acțiune de transfer organizat și coordonat joacă rolul motor economic în Valea Authion.

Liniile directoare ale proiectului includ probleme diverse, din mai multe puncte de vedere:

- hidraulic: stăpânirea și gospodărirea apei prin recalibrări de albie, construirea emisarilor și a rețelei de asanare, refacerea sistemului de apărare (îndiguiri, acumulări), dezvoltarea resurselor de apă, irigații, suplimentarea și controlarea debitului râului Authion, prin aportul Loarei, valorificarea apelor subterane prin foraje ș.a.;

- de politică funciară: instalarea de exploatare horticole de înaltă specializare pe circa 2.000 ha, până în 1985; constituirea de exploatare policulturale de înaltă productivitate – (creșterea animalelor); comasarea exploatărilor din zona Văii Authion (40.000 ha răspândite în 115.000 parcele și 19.000 proprietari); dirijarea prin organisme create în acest scop a planurilor de orientare și valorificare intensă a întregului teritoriu, de asigurare a noilor implantări de întreprinderi horticole sau de restructurare a celor existente ș.a.

- transferarea horticoltorilor: exproprieri în anumite perimetre din Valea Authion; demolări de exploatare horticole; vărsarea unor indemnizații în cazul în care punerea în funcțiune a terenurilor horticole cere o durată mare de timp (6 ani pentru pepiniere); deplasarea de personal care a locuit întotdeauna în Angers; investiții, îndeosebi pentru transferul sediilor sociale ș.a.

- amenajarea rurală, cu definirea dezvoltării de viitor a zonei, prin fixarea orientărilor și priorităților acestora; construcții de centre populate – locuințe, căi de comunicație, rețele telefonice, electrice, de alimentare cu apă ș.a.

În septembrie 1981, după 10 ani de activitate, lucrările hidrotehnice de apărare erau terminate, urmând execuția asanărilor și extinderea irigațiilor cu ape de suprafață și subterane.

**Modernizarea irigațiilor în valea montană Champsaur** (v. fig. 4.4. zona 7). Champsaur este o vale de tranziție între Alpii Nordici și Alpii Sudici (b.h. Isère), cu climat de tranziție, beneficiind de o pluviometrie abundentă, dar cu seceta de vară influențată de climatul mediteranean. Zonă de altitudine înaltă (până la 3.440 m – Sirac), cu o dinamică apreciabilă în special între altitudinile de 900-1.400 m, intens locuită și cultivată, Champsaur constituie un exemplu de eficacitate a măsurilor hidroameliorative în zonele înalte. Canalele de irigații, alimentate din rețeaua hidrografică

locală, sunt foarte vechi aici și alimentează o suprafață de 500 ha montane.

Lipsa forței de muncă, în continuă scădere, care a condus la degradarea rețelei de canale, ca și tehnica de irigare prin aspersiune mult depășită, au avut drept consecință cos-

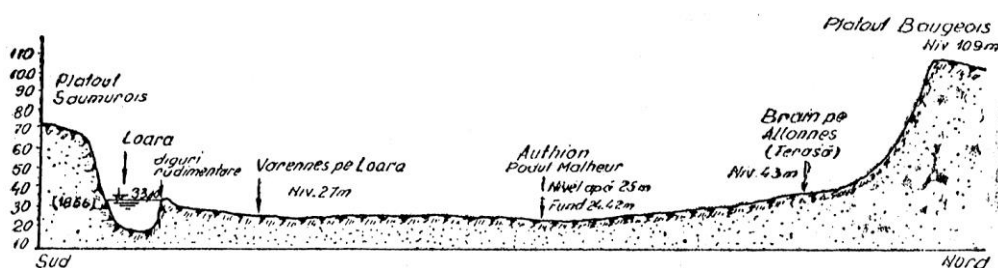


Fig. 4.10. Secțiune prin Valea Authion.

turi ridicate ale producțiilor obținute, precum și frecvente litigii între consumatorii de apă – din amonte și cei din aval, vechi și noi.

Programul de modernizare, în curs de aplicare (1982) prevede: îmbogățirea resurselor de apă (prin acumulări ca și prin valorificarea apelor subterane); ameliorarea și completarea rețelelor de irigații: executarea de lucrări care să asigure corecta circulație și evidență a apei; organizarea unor asociații a agricultorilor ce folosesc apă, precum și organizarea unui nucleu tehnic.

#### 4.2.2.2. Amenajarea complexă pe bazin hidrografic – a b.h. Durançe – cu scop prioritar hidroenergetic

Marile amenajări hidrotehnice din Franța sunt studiate și concepute, în ultima jumătate de secol, în concepția folosirii complexe: producerea de energie electrică, punerea în valoare agricolă, navigație fluvială, amenajarea de zone portuare, turism ș.a. Acestea s-au realizat prin: C.N.R. – Compagnie Nationale du Rhône, E.D.F. – Electricité de France, S.A.R. – Sociétés d'Aménagement Regional ș.a.

În anul 1963, amenajările hidroelectrice acopereau aproximativ jumătate din cerințele de energie electrică ale Franței; procentul a înregistrat scăderi în anii ce au urmat: 33% în 1975, 25% în 1976 – an cu o

secetă excepțională, 29% în 1979. În anul 1977 producția hidroelectrică a Franței a atins maximum: 76,1 miliarde kWh (62 miliarde fiind producția anilor medii). În comparație cu dezvoltarea altor surse de energie electrică, se prevede ca în anul 1985 producția hidroelectrică să dețină 18%.

Amenajările hidroelectrice din Alpi dețin rolul preponderent în producerea de energie hidroelectrică a Franței. Producția de energie hidroelectrică din Alpi reprezintă 72% din producția totală. Din Pirinei se obține o producție hidroelectrică de 12%, iar 16% din restul Franței – Masivul Central. Pe plan energetic național, pentru un consum (1982) total de energie de ordinul a 192 Mtep (milioane tone echivalent petrol), aportul energiei hidroelectrice reprezintă 14 Mtep, adică 7,5% din cerințe.

Dacă în trecut proiectele amenajărilor hidroelectrice urmăreau în general un singur obiectiv, care se referea la utilizarea forței motrice sau la crearea de rezerve de apă pentru alimentări cu apă și irigații, în prezent, scopul acestor amenajări este multiplu: triplu în cazul Ronului – *energie, navigație, irigații*; triplu în cazul Durançe-ului: *energie, irigații, protecția contra viiturilor*; dublu în cazul Rinului – *energie și transporturi pe apă* etc.

Amenajările concepute și realizate în b.h. Durançe pot constitui exemplu de amenajare hidroener-

getică complexă, pe bazin hidrografic. După o serie de amenajări locale – vechi canale de irigație din cursul mijlociu și inferior al Durançe-ului (din sec. XV-XVI), urmate de aducțiuni gravitaționale cu rol principal de acționare a morilor și secundar de irigații (sec. XIX și începutul sec. XX), avându-se ca repere și efectele viiturilor catastrofale din sec. XIX (anii 1843; 1856; 1882 și 1886), s-a declanșat acțiunea de amenajare complexă a acestui bazin hidrografic, hidroenergetică și irigațiile fiind prioritare (fig. 4.11).

Întrucât la Amenajarea teritorială Provençe se prezintă în detaliu realizările axate pe canalul Provençe, referirile se vor concentra pe cele două sectoare ale bazinului hidrografic: Durançe-ul mijlociu (de la barajul H.E. Serre-Ponçon la Cadarache, confluența Verdonului) și Durançe-ul inferior (până la confluența cu Ronul).

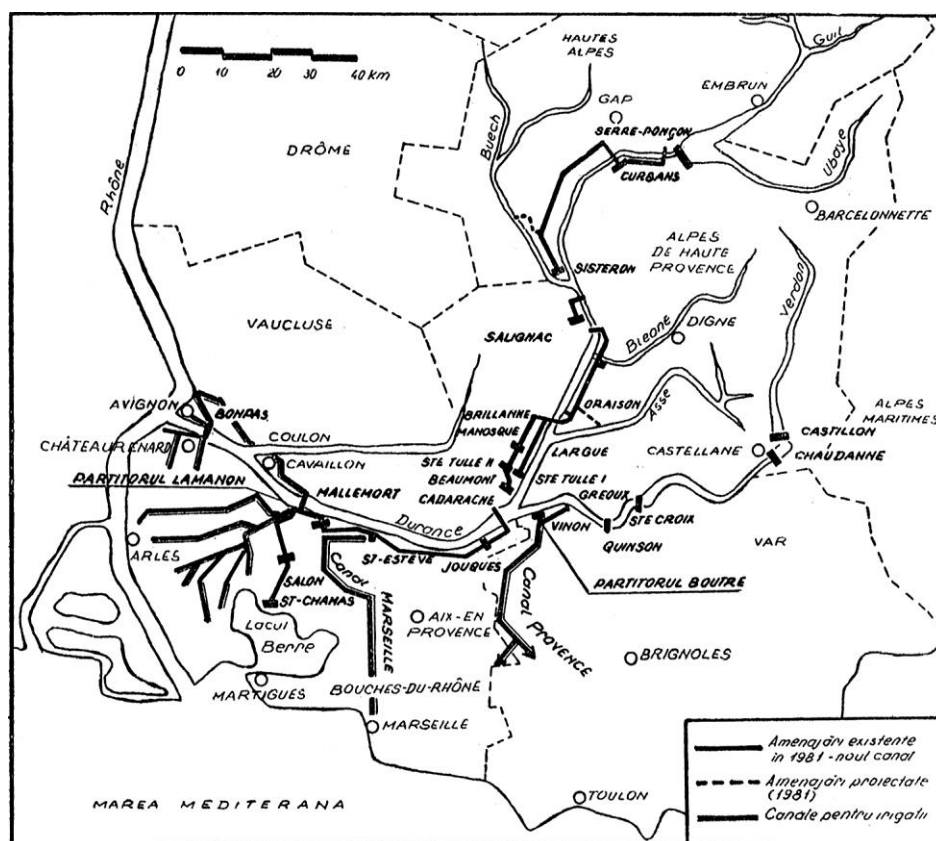


Fig. 4.11. Amenajarea hidroelectrică și pentru irigații a b.h. Durançe.

Bazinul versant DuraŃe înscrie până la Cada-  
rache caracteristicile date în tabelul 4.3.

**Tabel 4.3.** Bazin versant DuraŃe – superior și mijlociu.

Sector	Bazin versant (km <sup>2</sup> )	Altitudine medie (m)	Aport mediu anual (mii. m <sup>3</sup> )	Debit mediu (m <sup>3</sup> /s)
DuraŃe – la Serre Ponçon	3.600	2.020	2.700	85,6
Verdonul – la confluență	2.218	1.065	1.225	38,9
DuraŃe – la Cadarache	11.920	1.290	6.150	194

*DuraŃe-ul superior*, până la acumularea Serre-Ponçon, prezintă importanță prin bazinul său versant, al cărui aport de apă (supus secetelor de vară din Alpii de Sud și precipitațiilor abundente din iarnă și primă-vară) este regularizat prin această mare amenajare hidrotehnică complexă.

*DuraŃe-ul mijlociu* ( $L = 120$  km), beneficiarul scurgerilor torențiale din sectorul superior, transportă, printr-o albie cu pat instabil și cu pantă mare (3 m/km), debite lichide cu variații de la 35 m<sup>3</sup>/s la 6.000 m<sup>3</sup>/s (în secțiunea podului Mirabeau), cu un modul de 83 m<sup>3</sup>/s (la Serre-Ponçon) și 175 m<sup>3</sup>/s (la Mirabeau), viiturile maxime înregistrându-se în mai-iunie, când se topesc și zăpezile în bazinul superior.

Albia majoră a DuraŃe-ului este foarte largă și presărată de bancuri de pietriș și nisip, iar albia minoră meandrată și instabilă.

Principalii afluenți pe sectorul mijlociu sunt Buech, Bléone, Asse.

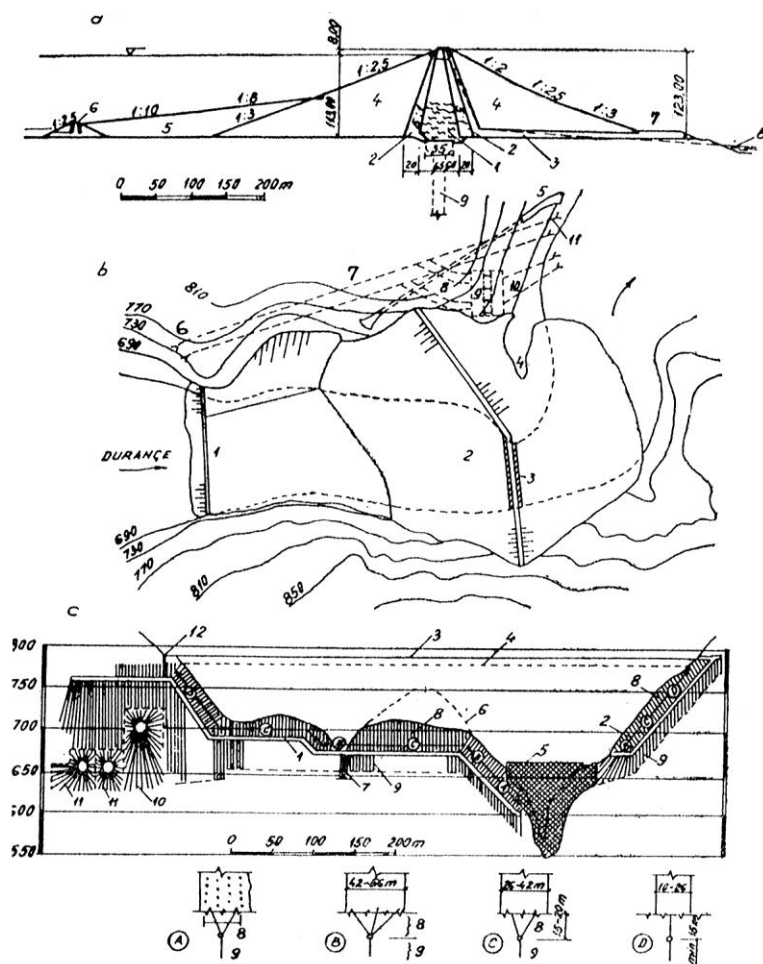
Grație caracteristicilor hidrografice ale DuraŃe-ului, cu bazinul hidrografic ce deține locul 4 în Franța (după Ron, Rin și Isère), cu posibilitățile de a se valorifica potențialul de 6 miliarde kWh anual, cu pante de 5 ori mai mari ca ale Ronului, crearea barajului Serre-Ponçon, în cursul superior, a reprezentat cheia întregului proiect al amenajării complexe.

Idea construirii unui baraj pe DuraŃe, pentru a corija debitul natural, cu variații atât de mari (35 m<sup>3</sup>/s – 6.000 m<sup>3</sup>/s), a fost lansată după viiturile catastrofale din mai 1856. Dar acest baraj nu a putut fi realizat decât după un secol, când concepția tratării în complex a problemelor a fost acceptată de toți cei interesați: energie, agricultură, protecție și industrie.

*Barajul Serre-Ponçon* (fig. 4.12), care ține sub control DuraŃe-ul mijlociu și inferior, a fost realizat în anul 1959. Barajul, cel mai mare baraj de pământ în Europa, este situat la 780 m altitudine, cu un volum de 14 milioane m<sup>3</sup> terasamente, cu o înălțime de 129,50 m, deasupra fundației, cu o lățime la bază de 630 m (la nivelul fundației) și o lungime la coronament de 600 m.

În fig. 4.12. se dau, în secțiune transversală și în plan, caracteristicile acestui baraj, a cărui fundație s-a etanșat prin injecții cu ciment (11.000 tone) și argilă (24.000 tone); s-au forat 17.200 m. Etanșarea barajului s-a asigurat printr-un nucleu de argilă central; prismele amonte și aval s-au făcut din amestec de nisip și pietriș.

La reținerea normală, capacitatea acumulării este de 1.270 milioane m<sup>3</sup> apă, din care



**Fig. 4.12.** Barajul Serre-Ponçon: a – profil transversal; 1 – ecran de argilă; 2 – zone de tranziție; 3 – strat filtrant; 4 – balast compactat; 5 – platformă amonte; 6 – batardou amonte; 7 – platformă aval; 8 – lac de compensare; 9 – etanșare fundație în albie; b – plan de situație: 1 – batardou amonte; 2 – baraj de pământ; 3 – etanșare de adâncime în albia minoră; 4 – vârful Călugăriței; 5 – evacuator de ape mari; 6 – priză de apă; 7 – aducțiune; 8 – conducte forțate; 9 – centrală electrică; 10 – galerie de fugă; 11 – goliri de fund; c – profil longitudinal: 1 – galerie de injecție; 2 – puț înclinat de injecție; 3 – coronament; 4 – nivelul maxim din lac; 5 – dop de argilă; 6 – vârful Călugăriței; 7 – ecran de argilă; 8; 9 – perdea de injecții; 10 – injecții radiale din descărcătorul de ape mari; 11 – injecții radiale din galeriile de deviere.

200 milioane m<sup>3</sup> sunt rezervați cerințelor agricole, iar 700 milioane m<sup>3</sup> sunt utilizați pentru producerea de energie. Această retenție corijează etiajul de iarnă în folosul industriei și etiajul de vară în cel al agriculturii. Aceasta este cheia amenajării Durançe-ului inferior (fig. 4.13). Suprafața acumulării este de 2.800 ha.

Cascada hidroenergetică din Durançe-ului mijlociu și inferior – dominată de acumularea Serre-Ponçon – este prezentată în tabelul 4.4, cu caracteristicile principale.

Paralel cu realizarea planului hidroenergetic al Durançe-ului mijlociu, și, îndeosebi Serre-Ponçon, s-au modernizat și vechile canale de irigații, prin asociațiile sindicale: Canal Gap, Canal Ventavon, Canal Manosque și au fost realizate, de asemenea, noi rețele, ale sindicatelor inter-comunale.

Principalul afluent al Durançe-ului mijlociu, Verdon-ul, a fost de asemenea amenajat complex. O lege din 1923 interzicea orice prelevare de apă, din Verdon, atâta timp cât nu se vor realiza amenajările

care să asigure debitul de apă necesar, în perioada de etiaj, pentru irigațiile din Durançe-ului inferior.

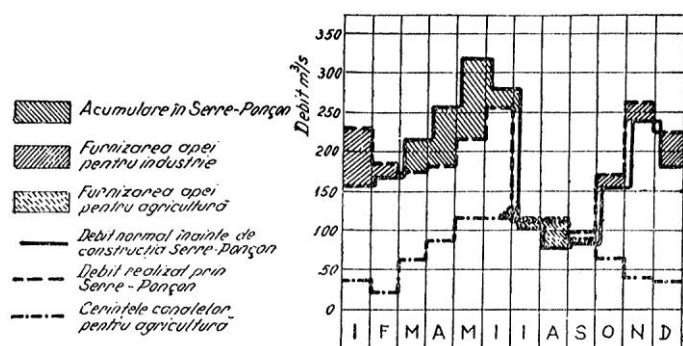
*Amenajările pe Verdon* au început în anul 1948 cu barajul Castillon (fig. 4.14), pe cursul superior, apoi, în anul 1952, barajul Chaudanne. Acestea, împreună cu marea acumulare de pe Durançe-ului superior (Serre-Ponçon), au permis ridicarea restricțiilor fixate în anul 1923.

În 1967 s-a realizat acumularea Greoux și aducțiunea mixtă E.D.E. – Canal Provence, cheia amenajării complexe Sistem Canal Provence și a întregului afluent Verdon. În 1973-1974 s-a dat în exploatare și retenția Sainte-Croix. În tabelul 4.5 sunt înscrise uzinele hidroelectrice de pe Verdon, cu caracteristicile acestora.

Volumul de apă disponibil, prin amenajările realizate pe Verdon, se repartizează între folosințe astfel: 1/3 pentru irigații în zona Canal Provence (60 mii – 140 mii ha), 1/3 pentru apă potabilă și 1/3 pentru apă industrială în zona Marsiliei.

**Tabel 4.5. Uzine hidroelectrice pe Verdon**

Denumire	Cădere echipată (m)	Putere instalată (MW)	Producție (GWh)	Anul punerii în serviciu
Castillon	90	68	82	1949
La Chaudanne	68	28	67	1953
Sainte-Croix	100	158	162	1974
Quinson	41	44	100	1974
Vinon	87	33	130	1967
Total		331 MW	541 GWh	



**Fig. 4.13.** Influența acumulării Serre-Ponçon. Debitul mediu lunar al Durançe-ului în secțiunea Mirabeau. Regimul de exploatare al acumulării.

**Tabel 4.4. Uzine hidroelectrice ale Durançe-ului**

Denumire	Cădere echipată (m)	Putere instalată (MW)	Producție (GWh)	Anul punerii în serviciu
Serre-Ponçon	125	324	700	1961
Curbans	83	165	445	1966
Sisteron	114	256	690	1976
Salignac		88	218	1976
Oraison	82	196	720	1964
Manosque	37	55	295	1969
Sainte-Tulle II	37	55	315	1969
Beaumont	19	44	150	1969
Jouques	31	78	400	1959
Saint-Estève	65	156	680	1963
Mallemort	43	103	420	1972
Salon	45	102	325	1966
Saint-Chamas	72	165	560	1966
Total		1.787 MW	5.918 GWh	



**Fig. 4.14.** Barajul și H.E. Castillon

*Durançe-ul inferior*, de la Cadarache și până la mare (pe traseul canalului industrial), înscrie un stoc anual de 6 miliarde  $m^3$  apă, un debit mediu de  $250 m^3/s$  și o cădere totală de 256 m. Echiparea Durançe-ului inferior permite producerea a 2.300 milioane kWh pe an și asigurarea irigației unei suprafețe de 75.000 ha teren.

Primele amenajări de irigații pe Durançe-ul inferior, în departamentele Vaucluse și Bouches-du-Rhône, au fost realizate în același timp cu acumularea Serre-Ponçon. Au fost racordate și modernizate vechile canale de irigații, construite în secolele XII-XIX, la noul canal (industrial), lung de 80 km, prin care se deviază Durançe-ul spre lacul – lagună Etang de Berre. În timpul verii, debitul destinat irigațiilor poate atinge  $114 m^3/s$  pentru 80.000 ha.

13 uzine hidroelectrice au fost puse în serviciu pe noul canal și pe biefurile derivațiilor care urmăresc cursul, în lungime totală de 214 km, de la Noul Durançe (pe Noul Canal) adică de la Serre-Ponçon la Marea Mediterană.

Amenajarea agroindustrială (hidroelectrică) a Durançe-ului inferior a comportat mai întâi construirea a 5 uzine hidroelectrice, repartizate în lungul canalului industrial alimentat de apele Durançe-ului. Apele turbinate prin echipamentul acestor uzine sunt apoi restituite canalelor agricole, la cote și în secțiuni posibile de a fi valorificate prin irigații (fig. 4.15).

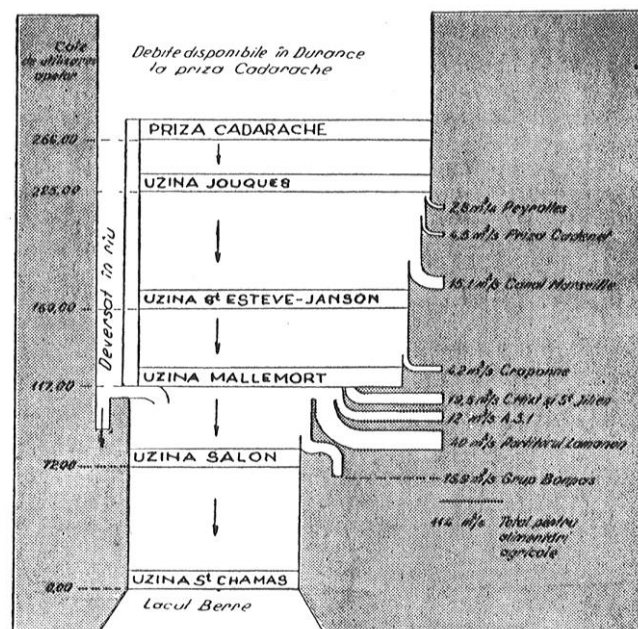


Fig. 4.15. Repartiția debitelor între industrie și agricultură în Durançe-ul inferior.

Ca amenajare industrială (hidroelectrică), la Cadarache (120 km aval de Serre-Ponçon) s-a realizat un baraj și o priză de apă, capabile să deriveze  $250 m^3/s$  din râul Durançe prin canalul industrial. Aici este secțiunea de început (punctul zero) a Durançe-ului inferior.

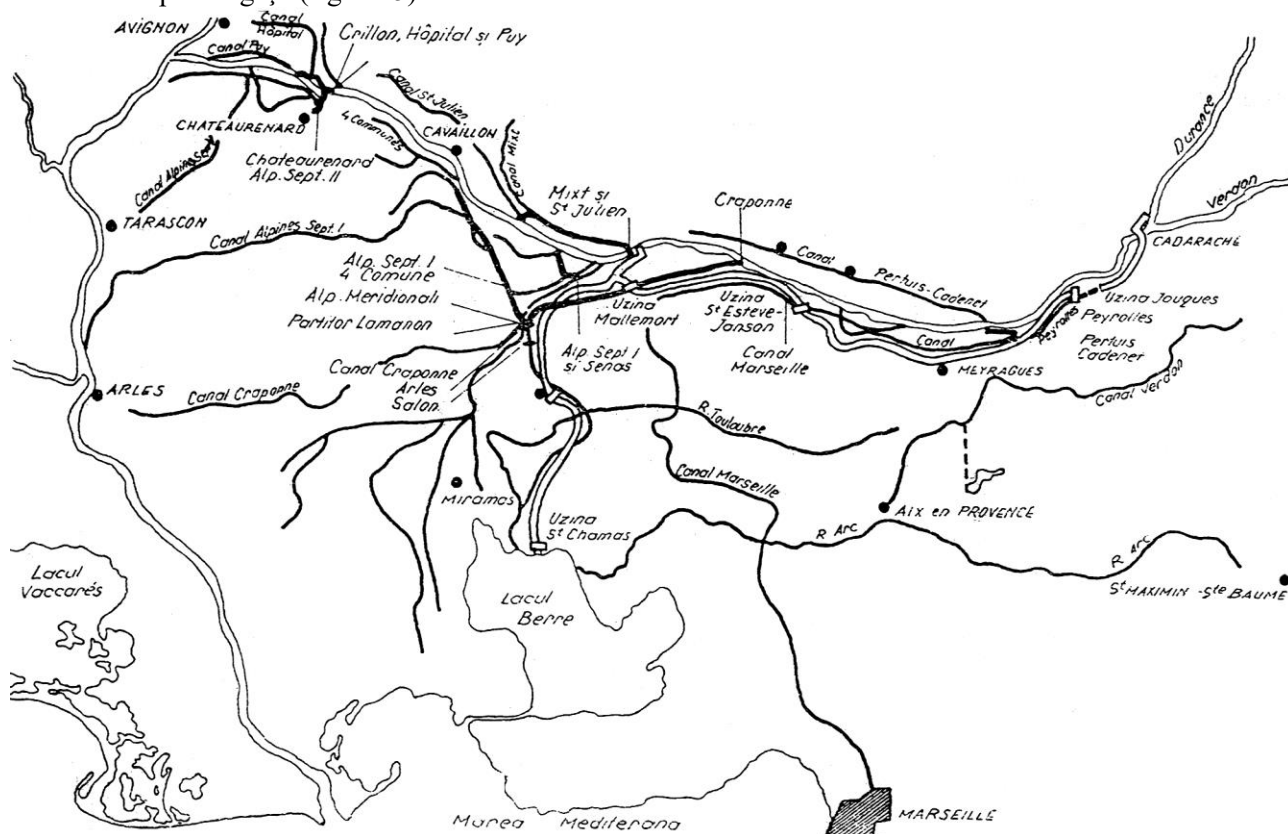


Fig. 4.16. Planul general al Canalului industrial și al prizelor canalelor agricultură – Durançe-ul inferior.



În această secțiune, Durançe-ul prezintă: 6 miliarde  $m^3$  stoc anual de apă, din care 5 miliarde  $m^3$  utilizabili; marea se găsește la o distanță de 45 km în linie dreaptă; altitudinea este de 256 m, cădere ce va fi repartizată în lungul canalului industrial (fig. 4.16) ( $L = 85$  km), între cele 5 hidrocentrale electrice (fig. 4.17.).

Canalul industrial urmărește valea Durançe-ului, pe o lungime de 50 km, aval de priza Cadarache, până la Mallemort, pentru ca de aici, aproape în unghi drept, să se îndrepte spre mare. Cele 5 hidrocentrale repartizate în lungul canalului valorifică energia Durançe-ului, pe acest sector, printr-o putere totală instalată de 604.000 kW și cu o producție anuală de 2.385 GWh.

Prizele de apă din Durançe (Cadarache, Mallemort și Bonpas) servesc pentru alimentarea normală a celor 5 hidrocentrale și a canalelor pentru agricultură. Acestea sunt compuse (fig. 4.18) dintr-un baraj mobil în râu (cu vane segment), prelungit printr-un dig și o priză laterală pentru alimentarea canalelor. Cea mai importantă este priza Cadarache; importanța lor scade din amonte spre aval. În fig. 4.19 se vede priza Cadarache. Ultima priză pe Durançe – priza Bonpas, are rolul de a asigura apa ( $Q_{\max} = 20 m^3/s$ ) pentru canalele agricole din regiunile Avignon și Château-Renard.



Fig. 4.19. Priza Cadarache.

Soluția generală de echipare și amplasare a uzinelor se vede în fig. 4.20 și 4.21. Uzina Jouques este echipată cu 3 turbine Kaplan; următoarele uzine din aval – St. Esteve, Salon și St. Chamas sunt de tip clasic, cu pod rulant interior și suprastructură în șarpantă metalică. Planul de situație al celor trei uzine este asemănător: sala tablourilor și de comandă în aval, la nivelul turbinelor; transformatoarele în amonte, la nivelul platformei de montaj. Exploatarea întregului ansamblu de uzine din Durançe-ul inferior este asigurată centralizat, prin postul de comandă instalat lângă uzina Mallemort, de unde se telereglează fiecare din cele 15 grupuri hidroelectrice.

Cele 75.000 ha irigate prin 15 mari și vechi canale de irigații, în departamentele Vaucluse și Bouches-du-Rhône, suferind de lipsă de apă în timpul verii, au impus ca, paralel cu amenajările hidroenergetice, să se reamenajeze și prizele vechilor canale, pentru a asigura debitul de  $114 m^3/s$  necesar agriculturii.

Astfel, prin intermediul canalului industrial, și al celorlalte amenajări de pe Durançe, a fost posibil ca volumul de rezervă pentru irigații, din acumularea Serre-Ponçon (200 milioane  $m^3$  apă) să fie destinat distribuției între cele 15 canale (tabel 4.6).

Cele 15 canale care deservesc agricultura au prizele răspândite de-a lungul Durançe-ului pe 80 km, de la Mirabeau la Avignon. Vechile prize (din sec. XII-XIX) erau afectate direct de variațiile mari ale scurgerii prin râul neregularizat. Reamenajarea prizelor (după anul 1955) a avut în vedere că 10 din cele 15 se vor amplasa direct la canalul industrial.

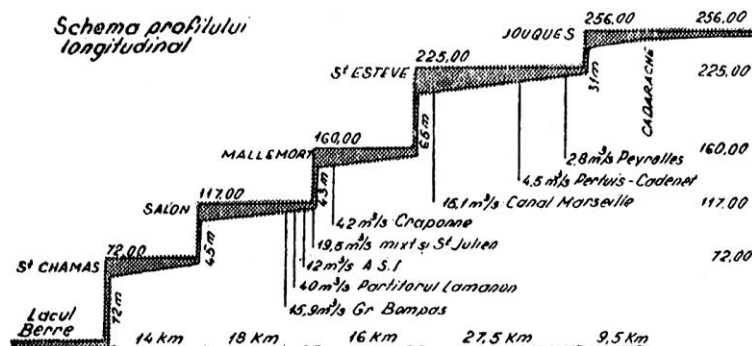


Fig. 4.17. Uzinele hidroelectrice din Durançe-ul inferior.

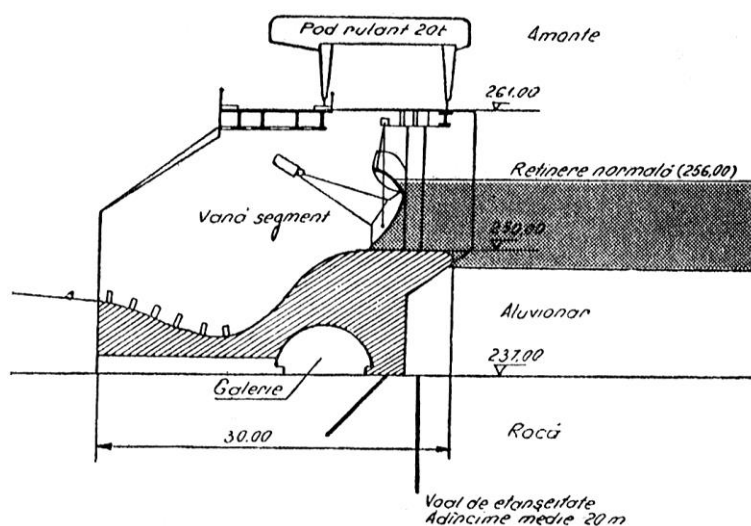


Fig. 4.18. Barajul Cadarache – secțiune tip.



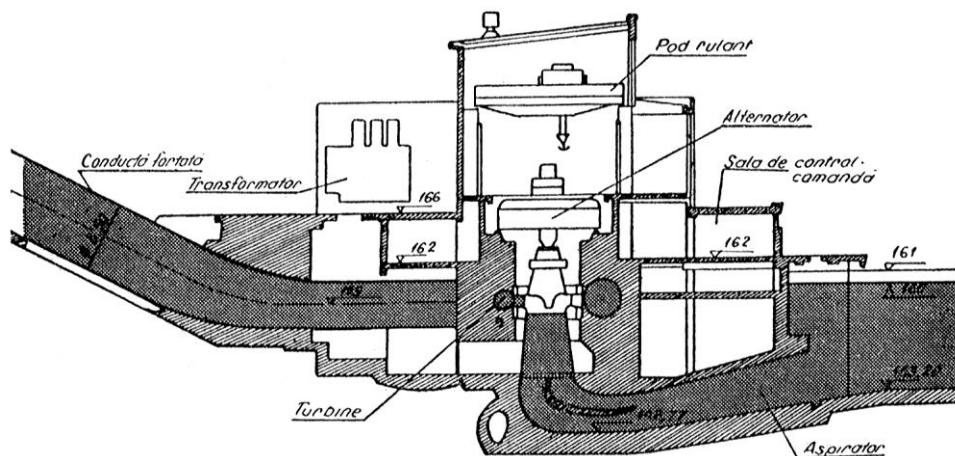


Fig. 4.20. Uzina Saint-Estève – secțiune.



Fig. 4.21. Structura și amplasamentul uzinei Salon.

Cele mai importante – Mallefont și Lamanon – prelevă un debit de  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ ; priza realizată prin partitorul Lamanon derivă un debit de  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ . Prin ultima priză – Bonpas – se alimentează cele 5 canale ce transportă apă pentru regiunile Châteaurenard și Avignon. Absolut toate captările și aducțiunile sunt de tip gravitațional, cu toate că pentru aceasta, unele canale au lungimi de transport de ordinul zecilor de km. Mai

trebuie subliniat faptul că aceste canale asigură apa și pentru comunele pe care le străbat, tot fără consum de energie, precum și faptul că funcționează în regim automatizat, prizele fiind echipate cu vane automate, module cu mască ș.a.

Priza canalului Cadenet (fig. 4.22) s-a realizat din canalul industrial, prin intermediul unui canal betonat ( $L \approx 3 \text{ km}$ ). Traversarea Durançe-ului este realizată prin galerie subfluvială, cu secțiune dublă ( $A_1 = 0,70 \text{ m}^2$ ;  $A_2 = 1,60 \text{ m}^2$ ,  $L = 0,343 \text{ km}$ ), cu două puțuri ( $H = 30 \text{ metri}$ ), prin care galeria este legată la instalațiile de suprafață.

Prizele Canalului Mixt și canalului St. Julien s-au realizat printr-o galerie subfluvială cu secțiunea  $A = 12 \text{ m}^2$  și  $L = 0,385 \text{ km}$  și prin două puțuri de  $24 \text{ m}$  adâncime, din canalul industrial. Printr-o priză amplasată la malul drept (Durançe) în barajul Mallefont, se poate realiza și alimentarea directă. Canalul St. Julien se alimentează din Canalul Mixt, printr-o priză situată la Bel-Hostes, prin intermediul unui canal de racordare ( $L = 1,1 \text{ km}$ ). Canalul Mixt este recalibrat pe o lungime de  $9 \text{ km}$ , pentru a putea transporta debitele cerute de ambele canale ( $12,30 \text{ m}^3/\text{s}$  – C. Mixt și  $7,30 \text{ m}^3/\text{s}$  – C. St. Julien).

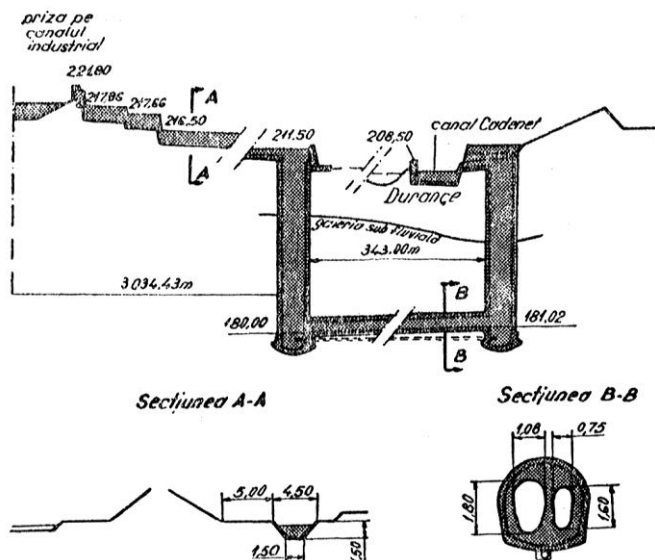


Fig. 4.22. Priza canalului Cadenet – secțiuni.

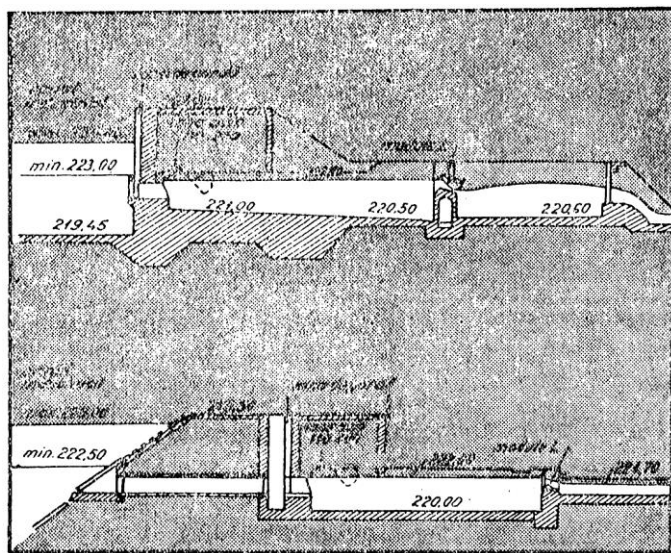


Fig. 4.23. Priza canalului Peyrolles.

**Tabel 4.6.** Reamenajarea prizelor canalelor agricole din Durance-ul inferior

Canalul	Data construirii	Rolul	Suprafața irigată	Debit m³/s	Lungime km	Priza		Observații
						Sursa	Tip	
Departamentul Vaucluse								
1. Cadenet	sec. XV	acționat mori	3.000	4,498	25	Canal industrial	În curent subtra- liber cu vărsarea Durañe-ului prin galerie	+4 comune
2. Mixt	sec. XVIII		10.000	12,290	130	Canal industrial și Durañe	printr-o galerie de fund	+ 26 comune
3. St. Julien	1171	acționat moară	5.000	7,228	35	C. mixt	printr-un canal de racordare	
4. Crillon	sec. XVIII		1.200	4,352	15	Durañe	priză comună în curent liber (pentru cele 5 canale 4, 5, 6, 7, 8)	+ 4 comune
5. Hopital	1227	acționat mori	500	2,167	10	idem	idem	
6. Puy	sec. XIX		400	1,071	8	idem	idem	asanează și Avignon-ul
Departamentul Bouches-du-Rhône								
7. C. Peyrolles	sec. XV		1.100	2,850	28	Canal industrial	două prize la H.E.	+ 4 comune
8. C. Marseille	1838 1851		5.000	15,118	190	C.H.E.		alim. cu apă (8 m³/s) Marseille
9. C. Craponne	1554		19.000	23,039	135	Canal industrial și Durañe	priză dublu sectorizată (din câte captări)	
10. C. Alpines Meridionales	sec. XVIII		14.000	16,210		Canal industrial		+ 29 folosințe
11; 12. C. Alpines Septentrionales	sec. XIX			12,527 6,740	70 și 45	Canal industrial		
13. C. Moulin de Senas	sec. XIII		545	1,553	7	C. Alpines Septentrionales		
14. C. Quatre Communes	sec. XIV		2.600	2,201	27	idem		
15. C. Chateau-Renard	sec. XVIII		2.700	1,565	10	P. Bonpas		

*Priza canalului Peyrolles* (fig. 4.16), amplasată pe canalul industrial, este formată de fapt din două prize situate pe bieful H.E. St. Estève-Janson și prin două scurte tronsoane betonate ( $L_1 = 0,600$  km și  $L_2 = 0,800$  km).

#### 4.2.2.3. Amenajarea hidrotehnică-teritorială complexă a Canalului Provençe și a regiunii Provençe

Pentru amenajarea hidraulico-agrară complexă a perimetrului care se întinde pe Regiunea Provençe – Alpi – Coasta de Azur (fig. 4.24) s-a fondat, în iulie 1957, Societatea Canal Provençe (S.C.P.). Aceasta a primit concesiunea generală a lucrărilor de realizare a Canalului Provençe și de amenajare hidraulico-agrară a

bazinului hidrografic al râului Durañe. S.C.P. are ca obiectiv de a contribui la dezvoltarea economică a regiunii Provençe – Alpi – Coasta de Azur, prin amenajarea hidraulico-agrară: irigații, alimentări cu apă pentru folosințe domestice, agricole și industriale, amenajări hidroenergetice, amenajarea rurală și complexă a teritoriului și a resurselor de apă (axate pe b.h. Durañe).

Sub denumirea de Canal Provençe și amenajarea hidraulico-agrară a bazinului hidrografic Durañe se înțelege amenajarea hidrotehnică complexă, multifuncțională, care a fost realizată în perioada 1964–1981 pentru a permite: asigurarea cu apă pentru irigații a încă 35.000 ha; asigurarea cu apă a zonelor industriale situate în perimetru; livrarea apei (brute) aglomerațiile



Fig. 4.24. Perimetrul amenajării hidroaulico-agrare Provence.

Aix-en-Provence, Marsilia, Toulon și Hyères; crearea condițiilor pentru alimentarea cu apă a 116 localități în zona Gurile Ronului și departamentul Var, pentru o populație de 3.000.000 locuitori; regularizarea b.h. Durançe, cu cascada de hidrocentrale aferente.

Ca acțiuni de amenajare ce au condus la dezvoltarea multiplă a regiunii provençale se mai enumera:

- în zona Gurile Ronului (les Bouches-du-Rhône): zona lacurilor Berre (l'Etang de Berre) – asigurarea cerințelor de apă industrială și agricolă;
- în departamentul Var: îndiguirea râurilor Gapeau și Reyran, dându-se în cultură 1.500 ha;
- în departamentele alpine: irigarea a 6.000 ha, cu apă îndeosebi din lacuri colinare, în regiunile Gap, Manosque, Forcalquier etc;
- acțiuni de dezvoltare a agriculturii și consultații pentru agricultori;
- protecția mediului natural și a calității apelor, protecția pădurilor, protecția contra viiturilor și amenajarea râurilor.

Până la sfârșitul anului 1981 au fost realizate, în

perimetrul Canalului Provence ( $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$  și  $V = 700$  milioane  $\text{m}^3/\text{an}$ ): 170 km de mari lucrări de aducțiune și distribuție (din care jumătate în galerii cu mari diametre, de 2,6-5,0 m), din cei 253 km prevăzuți în faza definitivă și 2.000 km conducte, din cei 3.000 km prevăzuți în final.

**Sistemul Canalului Provence.** Teritoriul la care se face referire și în care se înscrie amenajarea Provence și canalul Provence, este situat în sud-estul Franței, între fluviul Ron – litoralul Mării Mediterane râul Durançe și limita inferioară a Alpiilor. Cu toate avantajele – ca debit – prezentate de fluviul Ron, situat la extremitatea sud-vestică a zonei, atenția n-a fost îndreptată asupra acestuia, ci asupra bazinului hidrografic Durançe, încă din anul 1171. Atunci s-au construit primele canale (ex. C. Saint-Julien-des-Eveque) din zona Gurile Ronului – Durançe-ul inferior, alimentate cu apă derivată din râul Durançe, pentru irigații și mori de apă.

**Traseul. Canalul Provence (C.P.)** (fig. 4.25) – cu priză și aducțiune gravitațională – pornește din canalul mixt „E.D.P. – S.C.P.”, ce se alimentează din acumularea Gréoux-les-Bains, de pe râul Verdon. Traseul canalului este condiționat de cerințele de deservire, ca și de relief. Până la Rians derivațiile sunt mici (spre Centrul de cercetări atomice Cadarache); la Rians derivă Ramificația Bimont, care alimentează zona Aix-en-Provence (spre V-S-V). C. P se orientează spre sud, unde se bifurcă (la Pourcieux) în ramificația Marsiliei de est – pentru aprovizionarea cu apă (brută) a aglomerațiilor umane, industriilor și litoralului marsiliez – și ramificația Var, care la rândul său se divide (la Signes) în: ramificația Toulon-Vest și ramificația Toulon-Est, care alimentează Toulonul și Hyères, cu perimetrele aferente. Din ramificația Toulon-Est va porni o nouă derivație (râul Var 4) spre Centrul departamentului Var.

**Cerințele de apă.** Înaintea stabilirii obiectivelor de execuție s-a elaborat studiul cerințelor de apă pentru întreg teritoriul, ca și resursele existente și posibile de valorificat în teritoriul dominat de Sistemul Canal Provence.

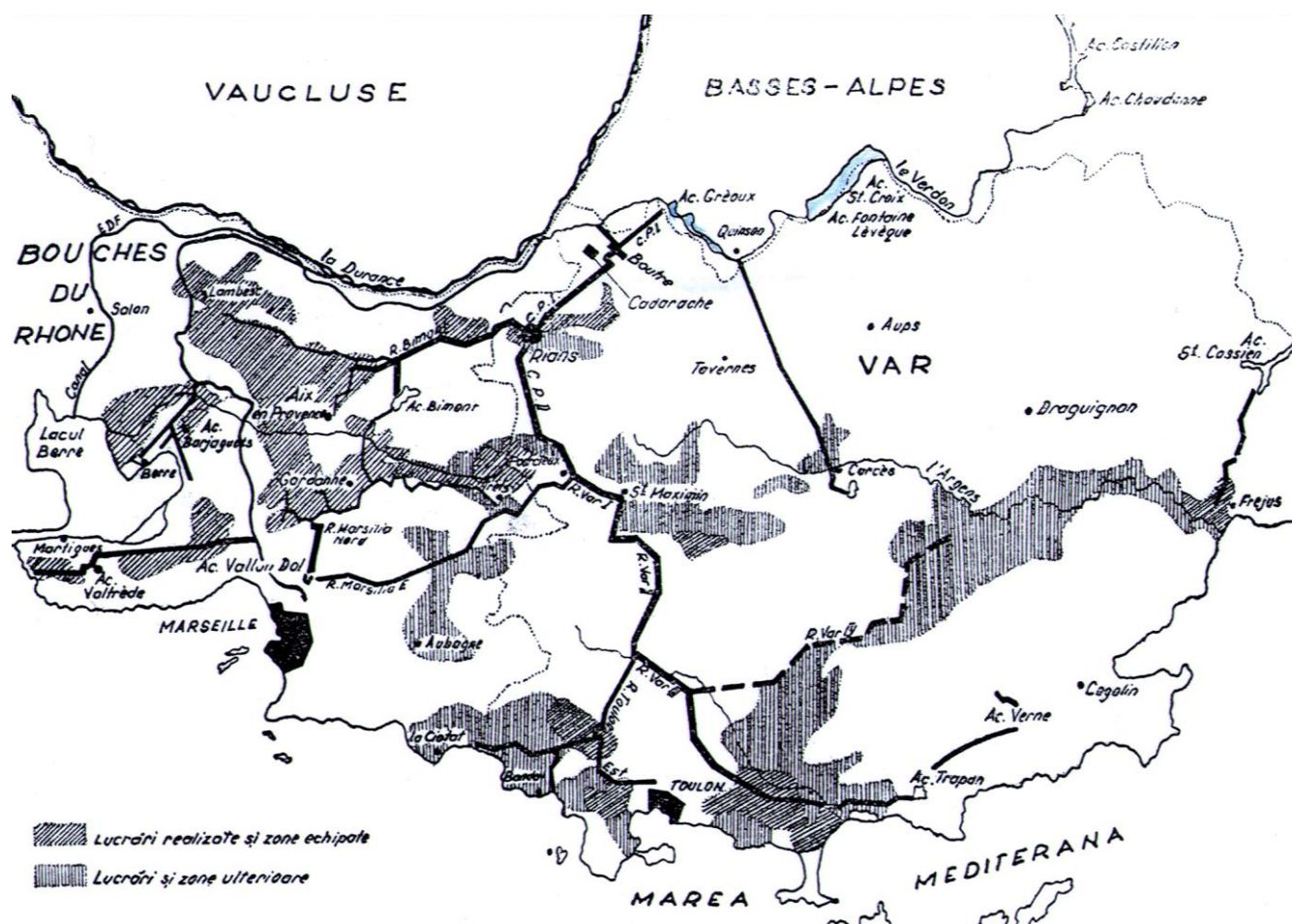


Fig. 4.25. Schema hidrotehnică a sistemului Canal Provence.

Cerințele (de apă) agricole, interesând 18.300 de exploatare agricole, circa 60.000 ha irigabile, s-au stabilit printr-un studiu riguros cuprinzând: caracteristicile pedo-climatice ale fiecărei unități, culturile cele mai rentabile (în regim irigat) și variate. Cerințele de apă pentru consumul urban-rural și industrial au avut în vedere dezvoltarea celor două sectoare la sfârșitul secolului XX.

*Sursele de apă.* Execuția Sistemului Canal Provence este condiționată de satisfacerea cu apă a serviciilor menționate, care vor atinge spre sfârșitul secolului XX un volum anual de 700 milioane  $m^3$  (1/3 în agricultură, 1/3 în industrie și 1/3 cerințe domestice rurale, urbane și turistice). Aceste cerințe de apă vor fi satisfăcute din surse situate la partea superioară a teritoriului străbătut de râul Durance și afluentul său râul Verdon, fără a angaja direct apele fluviului Ron, situat la limita inferioară a Provenței-ului.

Apele râului Durance, regularizate prin acumulările prezentate, satisfac cerințele din partea inferioară a bazinului (Gurile Ronului), rămânând ca râul Verdon, cu acumulările realizate, să asigure alimentarea Sistemului Canal Provence (21  $m^3/s$  debit mediu anual și 31-40  $m^3/s$  debitul mediu al lunii cele mai încărcate:

iulie). Volumul scurgerii destinat regularizării râului Verdon este de 250 milioane  $m^3$ , preluat prin acumulările Gastillon (85 milioane  $m^3$ ), Sainte-Croix, Fontaine-l'Eveque (cu o capacitate de 300 milioane  $m^3$  în etapa I) etc. În afara acumulărilor principale, care contribuie în mod esențial la regularizarea râului Verdon, mai sunt executate (sau proiectate) alte mici acumulări, cu poziții și roluri diverse: Gréoux, Bimont, Chante-Perdrix, Laye.

Acumularea Gréoux-les-Bains (fig. 4.26), cu un volum de 3 milioane  $m^3$  și cota nivelului superior al apei la 360 m, asigură condițiile de alimentare a Canalului mixt „E.D.F. – S.C.P.”, din care derivă Canalul Provence.

Acumularea Bimont (fig. 4.27), situată spre deosebire de cele anterioare, în zona centrală a Provenței-ului, are rolul de a reține 40 milioane  $m^3$  apă provenită din scurgerile locale (versanți) și din apele de iarnă ale râului Bimont, în scopul alimentării parțiale a teritoriului Aix și pentru irigarea unei suprafețe de 5.000 ha (600 exploatare agricole, irigate prin aspersiune cu conducte sub presiune, folosind 2.000 prize de distribuție și 200.000 m conducte mobile – aripi de aspersiune, deci 40 m/ha).





Fig. 4.26. Acumularea Gréoux-les-Bains.



Fig. 4.27. Barajul Bimont – (40 milioane  $m^3$  capacitate, alimentat prin Ramificația Bimont a Canalului Provençe, pentru a asigura alimentarea cu apă a unei părți importante din teritoriul Aix – inclusiv irigarea unei suprafețe de 5.000 ha); – se văd condițiile de amplasare ale acumulării și tipul barajului.

Rezultă de aici că eforturile specialiștilor francezi s-au concentrat mult asupra râurilor interioare, care prin regularizare au asigurat: stabilirea unui regim de curgere în conformitate cu cerințele agroeconomice, hidroenergetice, edilitare, industriale și turistice; prevenirea inundațiilor și înmlăștinărilor, frecvente în lunci și, îndeosebi, în bazinul inferior al Durance-ului și Ronului; evitarea ridicării prin pompă a apelor fluviului Ron, care scaldă teritoriul Provençe la partea sa inferioară. Această soluție a asigurat folosirea complexă a apelor interne și amenajarea integrală a teritoriului aferent Sistemului Provençe.

**Priza de apă.** Priza Canalului Provençe (C.P.) – amplasată în partea superioară a sistemului – este de tip gravitațional, cu captare în curent liber (fig. 4.28).

Din barajul de retenție Gréoux pornește Canalul Mixt (E.D.F. – S.C.P.) în lungime de 9,5 km (canal și galerie – cu  $D = 6$  m și  $Q = 55$   $m^3/s$ ), care la Boutre se bifurcă printr-un distribuitor de debit în: Canalul Provençe (S.C.P.) cu  $Q_{max} = 40$   $m^3/s$ , în scop de irigații și alte folosințe și Canalul hidroenergetic (E.D.F.), cu  $Q_{max} = 15$   $m^3/s$ , care deservește hidrocentrala Vinon.

Priza Canalului Provençe (distribuitorul Boutre), realizată la cota 350 m din Canalul Mixt – este echipată cu o vană centrală de gardă și 2 vane AVIS pentru a funcționa automat, în conformitate cu cerințele din aval (reglare cu nivel aval constant).



Fig. 4.28. Centrul de priză al Canalului Provençe (Distribuitorul Boutre): 1 – canalul mixt (E.D.F.-S.C.P.) cu un debit de 55  $m^3/s$ ; 2 – canalul hidroenergetic; 3 – canalul de aducțiune Provençe (S.C.P.) cu debit max. de 40  $m^3/s$ ; 4 – consolidarea versanților; 5 – șosele betonate; 6 – post de comandă local

Alimentarea rețelelor sub presiune (suprafața cea mai mare este prevăzută a se iriga prin aspersiune), deservite prin Canalul Provençe, fiind organizată cu reglare prin aval (adică cu transmisia imediată a cererii la originea conductei de aducțiune), a făcut ca și canalele de distribuție (inclusiv aducțiunea principală – Canalul Provençe) să fie proiectate analog.

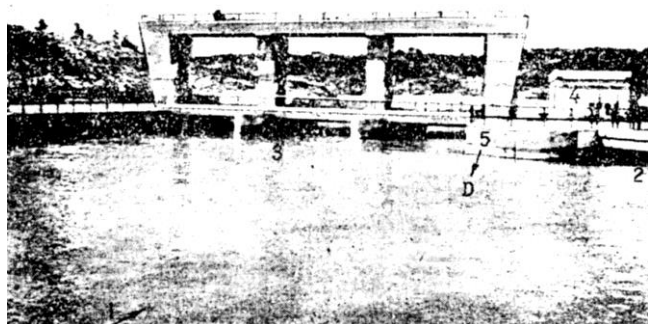
Prin studii pe modele și cu ajutorul calculatoarelor s-a adoptat schema funcțional constructivă a C.P. (inclusiv centrul de priză de la Boutre), funcție de următoarele două condiții:

- asigurarea deservirii la „cerere”, permițând reducerea strictă a volumelor de apă derivate din Verdon (Canalul Mixt E.D.F. – S.C.P.) la cerințele beneficiarilor, în care caz a apărut și necesitatea creării de rezerve locale, ca și unele supradimensionări ale lucrărilor;

- permanența funcționării, toți beneficiarii fiind deserviți fără întrerupere, ceea ce reclamă menținerea apei în toate biefurile și instalațiile Canalului Provençe și a Ramificațiilor: excepție fac rețelele terțiare – cu folosință strictă pentru udări.

Astfel conceput și realizat, C.P. este permanent controlat printr-un sistem automat de posturi de control și comandă, care vor putea furniza în orice moment informații precise asupra debitelor cerute, cotelor lucrului de apă, poziției vanelor ș.a.

Priza propriu-zisă a C.P. este constituită din ramificația de pe malul stâng a distribuitorului Boutre – fig. 4.29. Acesta are o lungime de 60 m și o lățime de 23,50 m și este divizat în trei treceri de câte 6 m lățime, separate prin două pile masive (cu lungimea de 23 m și înălțimea de 5,5 m).



**Fig. 4.29.** Priza Boutre: 1 – Canalul Mixt E.D.F.-S.C.P.; 2 – canalul E.D.F.; 3 – cele 3 deschideri ale prizei CP. echipate cu vane automate (hidraulic, tip AVIS, cele laterale și electric plană, cea centrală); 4 – postul de control comandă (local); 5 – partitorul proporțional.

Cele trei treceri au comun batardourile amonte și aval, ca și porticul și se diferențiază prin rol și echipament. Cele două treceri extreme (de lângă maluri) sunt prevăzute cu câte o vană AVIS (construcție Neyrpic – 4.30), care asigură reglarea automată a debitelor pentru un nivel aval constant la cota 353,25; trecerea centrală – cu rol de intervenție, de siguranță – este echipată numai cu vană de gardă telecomandată, manevrabilă în

caz de blocaj accidental a vanelor automate AVIS.

Centrul de priză este prevăzut și cu un post de comandă (instalat la capătul digului ce separă cele două canale E.D.F. și C.S.P.) care cuprinde aparatele de evidență și comandă a elementelor tehnico-hidraulice și funcționale.



În încheierea prezentării centrului de priză a Canalului Provençe, este necesar să se mai sublinieze două aspecte legate de calitatea apei și de siguranța funcționării neîntrerupte a prizei.

Apa este limpede. Acumulările, reținerile, consolidarea versanților, ca și derivația din zona montană – cu aluviuni reduse – au condus la obținerea unei ape care din punct de vedere al turbidității nu ridică probleme în exploatare.



Instalațiile locale de control și telecomandă fiind alimentate cu energie electrică independentă de instalațiile publice, au asigurată funcționarea neîntreruptă.

Din prezentarea schematică a Sistemului Canal Provençe, s-au diferențiat următoarele sectoare și ramificații, în lungime de circa 221 km (tabel 4.7): Canalul principal, ramificația Bimont, ramificația Var, ramificația Marseille, ramificația Toulon.

**Tabel 4.7.** Caracteristicile principale ale Sistemului Canal Provençe

Natura lucrărilor	L (m)	Secțiuni deschise		Galerii	
					
		$l_{\max}$ (m)	$l_{\min}$ (m)	$D_{\max}$ (m)	$D_{\min}$ (m)
Secțiuni deschise	94.800	20,00	10,00		
Galerii	118.500			5,05	2,20
Lucrări de artă	8.000				
Total	221.300				

#### ETAPA I

Indicarea lucrărilor	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Secțiuni deschise		Galerii		Lucrări de artă L (m)	Total (m)
							
		L (m)	l (m)	L (m)	l (m)		
Canalul principal I	40	2.000	20,00	10.600	5,05	500	13.100
Ramificația (R) Bimont	10	8.200	11,00	19.000	3,00	1.200	28.400
R. Marsilia-nord	4			5.900	2,20	1.700	5.900
Total		10.200		35.500			47.400

#### ETAPA II

Canalul principal II	32	8.300	20,00	10.300	4,65		18.600
Ramificația (R) Var I	18	5.200	18,00	6.800	3,50	400	12.400
Ramificația (R) Var II	15	1.500	14,00	13.300	3,10		14.800
Ramificația (R) Var III	10,5	400	14,00	8.100	2,80		8.500
R. Toulon-est	6			10.300	2,25		10.300
R. Toulon-vest	5,5		7.700	7.700	2,20		7.700
Total		15.400		56.500		400	72.300

#### ETAPA III

R. Marsilia-est I	14	17.000	11,00	7.500	3,20	500	25.000
R. Marsilia-est II	11	1.200	10,00	16.800	2,95	1.100	19.100
Ramificația Var IV	4,5	51.000		2.200	2,20	4.300	57.500
Total				26.500		5.900	101.600

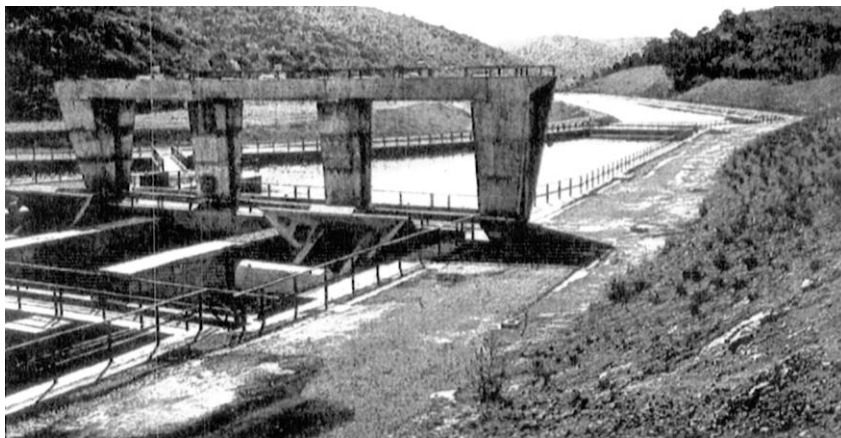


Fig. 4.30. Centrul de priză echipat cu două vane AVIS + vana de gardă (amplasată central;  $Q_T = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Primul sector al *canalului principal Provence* (I) cuprinde lucrări și amenajări specifice traversării zonelor superioare, cu relief accidentat. Rețin atenția în acest prim sector: Canalul deschis Boutre, Galeria Ginasservis, Apeductul Abéou, Galeria Rians și Spărgătorul de sarcină Rians (fig. 4.31)

Canalul principal Provence – primul tronson transportă debitul captat prin priza Boutre ( $Q_{\max} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ ), pe o lungime de 1 930 m cu o secțiune trapezoidală ( $b = 3 \text{ m}$ ;  $H = 4\text{--}4,38 \text{ m}$ ;  $B = 19\text{--}20,52 \text{ m}$ ), în debleu ( $\approx 500 \text{ m}$ ), rambleu ( $\approx 500 \text{ m}$ ) și mixt ( $\approx 1.000 \text{ m}$ ) – cu cota coronamentului la 354 m.

Depresiunea Boutre întâlnită pe traseu este tra-

versată printr-un rambleu înalt de 14 m. În fig. 4.32 se dă un profil transversal tip al Canalului Magistral (I), din care se observă condițiile tehnice de execuție, consolidare, exploatare: fundația este drenată (și a digului și a chiunetei canalului); dalele din beton ( $e = 15 \text{ cm}$ ), care consolidează întregul perimetru, sunt puse pe un pat filtrant; șoseaua ce urmărește canalul este betonată.

Galeria Ginasservis transportă apa adusă prin Canalul Magistral I spre Rians, la adâncimi ce depășesc și 50 m (de la suprafață). Ea se divide în trei sectoare, prin condițiile constructive impuse de relief.

Sectorul amonte ( $L = 6.207 \text{ m}$ ,  $I_f = 0,46 \text{ m/km}$ ), care în primul tronson, de cap (fig. 4.33), lung de 133 m, este echipat pentru a asigura: racordarea cu secțiunea deschisă Boutre; captarea și evacuarea debitului solid (batardouri, grătare, dispozitive de curățat): accesul sferei de curățire; deversarea debitelor excedentare.

În fig. 4.34 este dată secțiunea caracteristică a Galeriei Ginasservis, cu toate elementele geometrice (pseudo-circulară, cu  $d=5,05 \text{ m}$ ). La 2 650 m de la intrarea în galerie, se face prima derivație spre dreapta (tot în galerie, cu  $\varnothing = 2,6 \text{ m}$  și  $L = 160 \text{ m}$ ) pentru alimentarea cu apă a Centrului de Studii Nucleare Cadarache; aceasta este singura derivație din galerie.

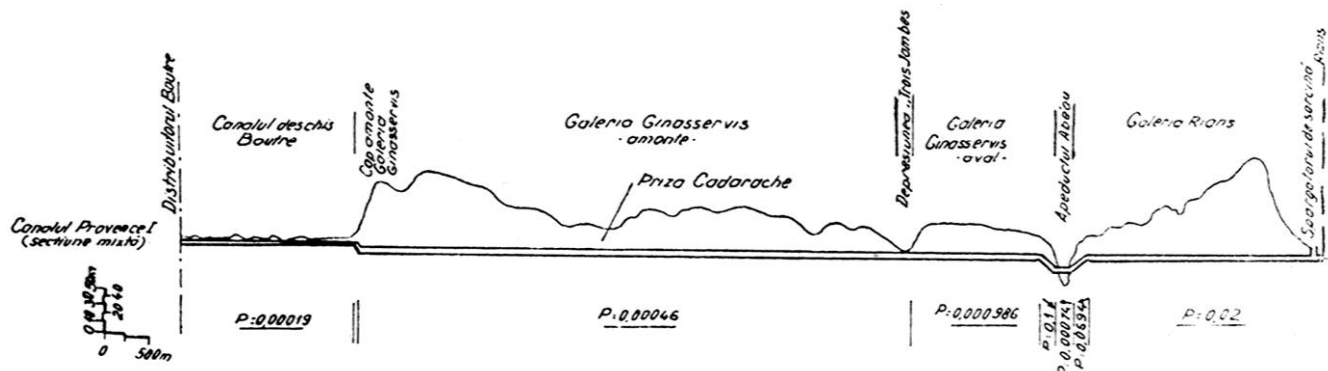


Fig. 4.31. Profil longitudinal al traseului Canalului Magistral I.

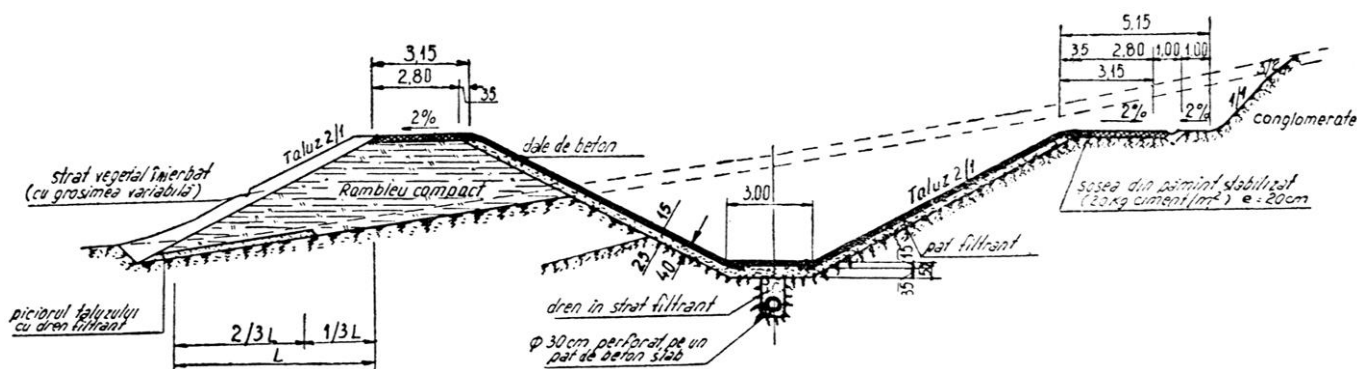


Fig. 4.32. Canalul principal Provence – primul tronson. Profil transversal tip.

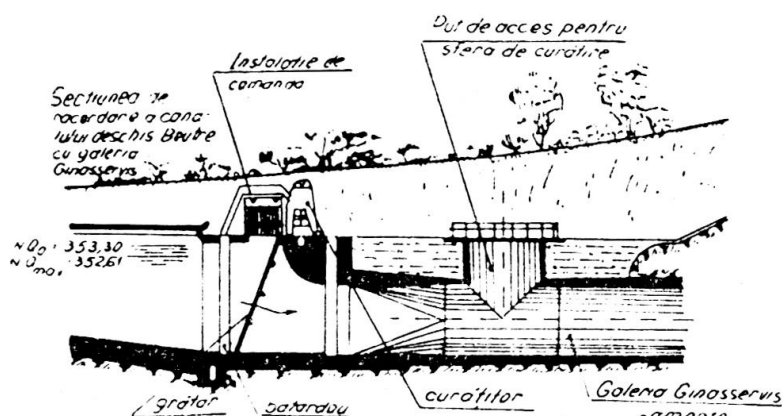


Fig. 4.33. Sectorul de cap al Galeriei Ginasservis.

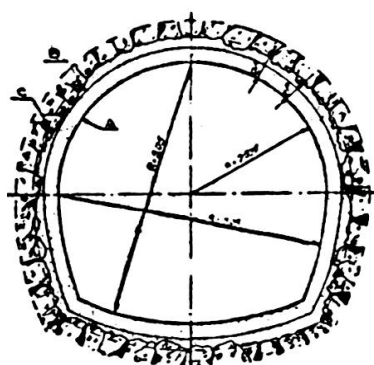


Fig. 4.34. Secțiune transversală prin Galeria Ginasservis.

Sectorul intermediar ( $L = 170$  m) este construit în conductă la suprafața terenului, prin depresiunea Trois Jambes.

Sectorul aval al galeriei are o lungime de 1.688 m și pantă de 0,98 m/km, ce trece pe ultimii 150 m la 1 m/m, pentru a se racorda la apeductul Abéou.

Apeductul Abéou (fig. 4.35) asigură traversarea văii cu același nume, pe o lungime de 143 m, făcând joncțiunea între Galeria Ginasservis aval și Galeria Rians. Apeductul este format din tronsoane de conducte (cu  $d_i = 5,05$  m și secțiunea exterioară pătrată, cu  $a = 5,85$  m) din beton precomprimat, sprijinite pe 5 pile gemene din beton armat. Capătul amonte al apeductului este echipat pentru reținerea (captarea) debitului solid, ca și pentru descărcarea unui debit de apă de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  în Valea Abéou; dispozitivul de descărcare cuprinde și un turn de disipare a energiei.

Galeria Rians continuă, pe o lungime de 2.708 m, transportul apei în Canalul Magistral I, între Apeductul Abéou și Spărgătorul de Sarcină Rians. Secțiunea este asemănătoare cu a galeriei Ginasservis; construcția este în contrapantă (rampa = 0,07 m/m pe primii 400 m și 0,02 m/m în partea finală).

Disipatorul și distribuitorul Rians (fig. 4.36), prin care se termină primul sector al Canalului Magistral I, are roluri complexe și extrem de importante:

- asigură racordarea capătului final al C.M.I (Galeria Rians), cu lucrările din aval (R. Bimont și C. Magistral II);

- asigură și reglează repartiția debitului de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  pentru R. Bimont (prin programare) și a debitului maxim de  $32 \text{ m}^3/\text{s}$  pentru C. Magistral II (în funcție de „cererea” din aval);

- disipează energia existentă la ieșirea din Galeria Rians, la sarcina condiționată de toate debitele;

- limitează suprapresiunile în galleria în sarcină, iar în planurile (nivelurile) de apă din canal (R. Bimont și C. M. II) limitează oscilațiile pentru manevrarea vanelor.

În fig. 4.36 sunt prezentate caracteristicile esențiale și constructive ale disipatorului de energie Rians.

Din amonte în aval sunt prezentate: capătul aval al Galeriei Rians (cotă radier 339,95 m); camena (turnul) de echilibru semicilindrică ( $\varnothing = 14$  m,  $h = 20$  m) – la baza căreia debușează Galeria Rians; două treceri ( $3,00 \times 3,00$  m), echipate cu: batardeu amonte, vană plană, vană sector (tip Neyrpic) și batardeu aval (fiecare trecere poate asigura 70% din debitul maxim); un

bazin disipator de  $1\,000 \text{ m}^3$  ( $L = 24$  m,  $l = 14$  m și  $h_m = 3$  m); din acest bazin derivă R. Bimont la malul drept și în continuare Canalul Magistral II.



Fig. 4.35.a. Apeductul Abéou: amplasare și părți componente.

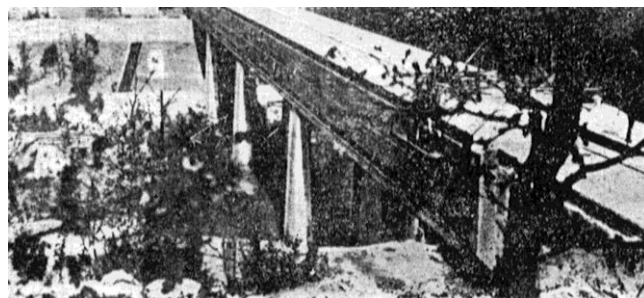
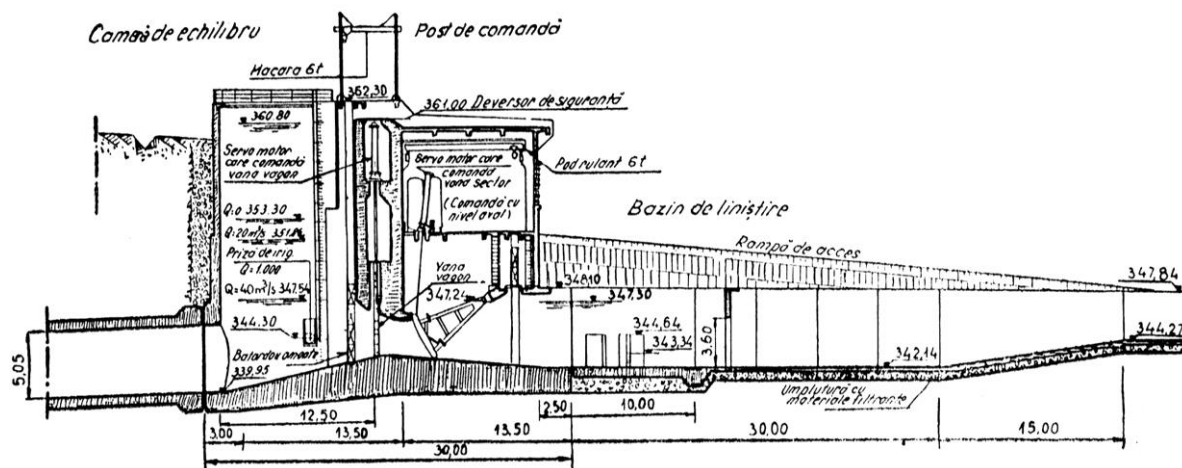


Fig. 4.35.b. Apeductul Abéou: detalii constructive.





**Fig. 4.36.** Nod hidrotehnic complex cu disipator de energie, Rians (disipator și distribuitor) (profil longitudinal prin instalațiile de reglare și derivare): 1 – macara de 6 t; 2 – servomotor care comandă vana plană; 3 – priză de irigație ( $Q = 1000 \text{ l/s}$ ); 4 – batardeu; S – servomotor care comandă vana sector; 6 – pod rulant de 6 t; 7 – rampă de acces; 8 – umplutură cu material filtrant

Întreaga instalație este concentrată în construcția nodului hidrotehnic Rians. Clădirea Centrului Rians (fig. A), construită ca un pod, adăpostește sala de mașini ( $21\text{m} \times 9\text{m} \times 8\text{m}$ ), sala de control și comandă ( $30\text{m} \times 9\text{m} \times 8\text{m}$ ), în care este amenajat postul teritorial de comandă – Postul Dispecer.

Centrul Rians asigură, în afara acțiunilor amintite și telecomanda Canalului Magistral I (în prima etapă) și a Ramificației Bimont. În camera de echilibru este situată și prima derivație ( $\varnothing = 1,00 \text{ m}$ ) pentru irigații, care alimentează stația de pompare Rians.

De la Centrul Rians, unde se derivă spre vest prima ramificație (R) importantă (R. Bimont), Canalul Magistral se continuă, spre sud, cu secțiunea redusă (pentru  $30\text{--}32 \text{ m}^3/\text{s}$ ), sub denumirea de Canal Magistral II (C.M. II) până la Pourcieux. De aici se bifurcă în Ramificația Marsilia (R.M.) spre sud-vest și Ramificația Var (R.V.) spre sud-est. Acestea alimentează la rândul lor multe derivații secundare (ex. Derivația Toulon Vest, Var 3, Toulon Est, Var 4, respectiv De-

rivația Marsilia Nord etc.).

**Ramificația Bimont** (fig. 4.37; 4.38), cu o lungime de  $28 \text{ km}$  și un debit de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , pornește din Centrul Rians spre vest, în scopul asigurării cu apă a orașului și împrejurimilor Aix-en-Provence, precum și pentru alimentarea acumulării Bimont și a rețelei de irigație deservită de vechiul Canal Verdon (peste  $11.000 \text{ ha}$ ).

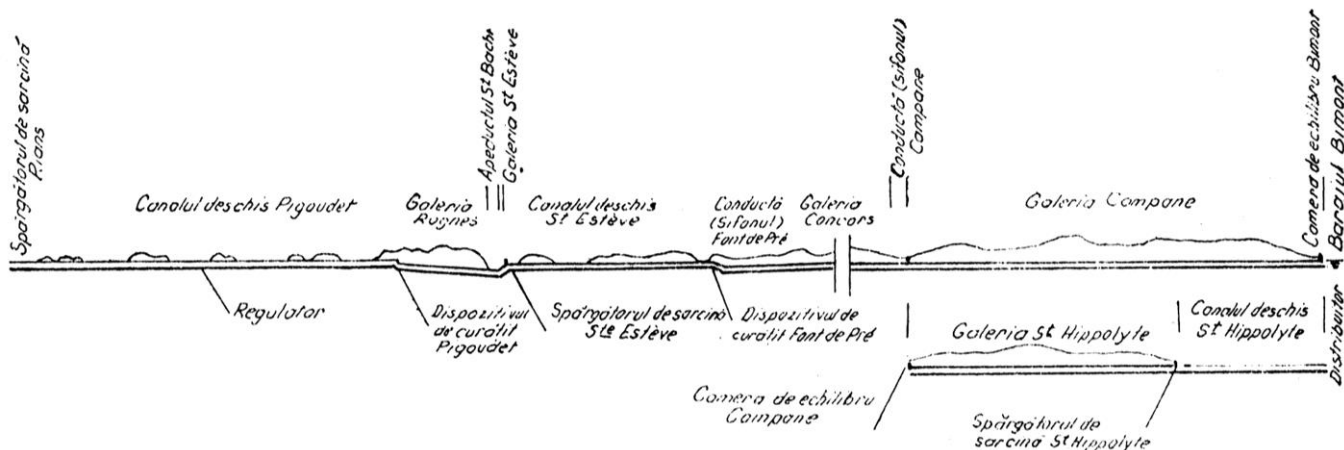
Condițiile naturale (relieful) au impus construirea acestei ramificații pe 4 sectoare.

Sectorul Pigoudet este în secțiune deschisă ( $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $L = 4.536 \text{ m}$ ,  $A = 20 \text{ m}^2$ ).

Sectorul Rognes-Saint Bachi este diferențiat prin: Galeria Rognes ( $L = 1.049 \text{ m}$ ,  $\varnothing = 3 \text{ m}$ ); Apeeductul Saint-Bachi ( $L = 132 \text{ m}$ ); Galeria Saint-Estève ( $L = 66 \text{ m}$ ).

Sectorul Saint-Estève-Font-de Pré este diferențiat prin: Canalul deschis Saint-Estève ( $L = 2.430 \text{ m}$ ); Sifonul Font de Pré ( $L = 705 \text{ m}$ ).

Sectorul Galeriei Concors, care are o lungime  $L = 10.100 \text{ m}$ .



**Fig. 4.37.** Profilul longitudinal al ramificației Bimont.



**Fig. 4.38.** Traseu al Canalului Provençe – ramificația Bimont ( $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Caracteristicile tehnice mai de seamă ale ramificației Bimont impun reliefarea unor aspecte.

Derivarea R. Bimont (canal deschis) din Centrul Rians se face prin intermediul a două conducte paralele ( $L = 60 \text{ m}$ ), echipate cu venturimetre pentru măsurarea debitului derivat ( $Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

La 1.900 m aval de derivația din Centrul Rians, R. Bimont este echipată cu două vane AVIS (pentru reglarea nivelului aval – constant).

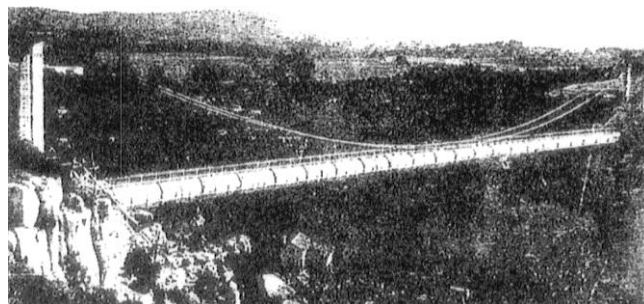
Galeriile (Rognes și Saint-Estève), de forma unei potcoave la exterior, au la interior formă circulară, cu diametrul de 3 m.

Traversarea văilor se face prin apeducte și conducte sifon. Apeductul Saint-Bachi aduce soluții înnoitoare în tehnica aducțiunilor de apă: este de tipul podului apeduct suspendat la 35 m deasupra văii (fig. 4.39, a; b), cu  $L_{\text{totală}} = 148 \text{ m}$  ( $L_{\text{conductă}} = 132 \text{ m}$ ), format din tuburi de oțel de 12-15 mm grosime cu  $\varnothing = 3,00 \text{ m}$ . Două rânduri de cabluri purtătoare susțin conducta și pasarella, prin numeroase cabluri de suspensie. Ancorarea în maluri este realizată prin câte un portic (de fiecare mal) înalt de 14,75 m, încastrat într-un masiv de beton. Ca și în cazul Apeductului Abéou, Apeductul Saint-Bachi este prevăzut (la capătul aval) cu un dispozitiv de golire cu rol dublu: de a putea descărca apele celor două galerii (amonte și aval) în Valea Saint-Bachi și pentru vizitări de întreținere.

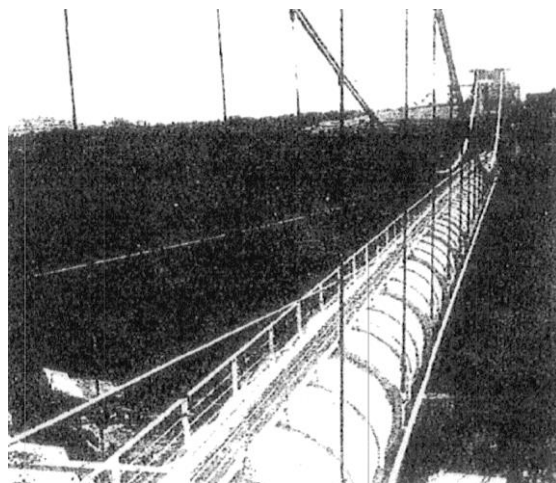
Prizele de apă prin pompare, pentru unele sectoare (ploturi) de irigații prin conducte sub presiune, folosesc instalații (de pompare) cu capacitatea de circa 275 l/s (pe agregat). De exemplu, plotul de irigații Jouques (500 ha) este alimentat din R. Bimont (sectorul de canal deschis St. Estève printr-o stație de pompare echipată cu 3 pompe de câte 275 l/s).

Sifoanele asigură traversarea unor văi mai largi, unor depresiuni, spre deosebire de apeducte. De exemplu, sifonul Font-de Pré asigură traversarea R. Bimont peste depresiunea Font-de Pré ( $L = 705 \text{ m}$ ) în conductă îngropată din beton armat, cu  $\varnothing = 3 \text{ m}$ . Se impune reținerea soluției de descărcare a ambelor sectoare (amonte și aval) aferente sifonului (între spărgă-

torul de sarcină Saint-Estève și distribuitorul Campanie), în punctul cel mai jos al depresiunii. Pentru aceasta, sifonul este prevăzut cu un dispozitiv de golire (în punctul cel mai de jos), iar sectoarele R. Bimont (amonte și aval de sifon: canalul deschis St. Estève, respectiv galeria Campanie) au pante directe spre sifon. Galeria Concors are, de exemplu, panta inversă, de 0,24 m/km.



a)



b)

**Fig. 4.39.** Traversarea văii Saint-Bachi prin pod apeduct: a) vedere de ansamblu; b) detaliu apeduct / pasarelă.

Acumulările – rezervele de apă realizate de-a lungul ramificației, ca și la partea sa terminală (ex. Rezerva Bimont), permit asigurarea reglărilor de tip „prin amonte”, cu distribuția după „program” așa cum a fost prevăzută inițial funcționarea R. Bimont.

*Canalul Magistral II și Ramificațiile Var, Marsilia, Toulon* au trasee și construcții care nu diferă esențial de cele prezentate anterior; cele mai importante lucrări sunt cerute de traversarea (străpungerea) lanțurilor secundare a munților centrali din zona Provençe.

Canalul Magistral II străbate printr-o galerie ( $L=10.176 \text{ m}$ ,  $\varnothing = 4,65 \text{ m}$ ,  $Q_{\max}=32 \text{ m}^3/\text{s}$ ) piemontul muntelui Sainte Victorie.

Ramificația Var străbate printr-o galerie ( $L = 6.800 \text{ m}$ ,  $\varnothing = 8,50 \text{ m}$ ,  $Q_{\max} = 18 \text{ m}^3/\text{s}$ ) piemontul muntelui Aurelian.

Ramificațiile Var, Marsilia și Toulon, ca și derivațiile acestora, sunt echipate cu construcții și insta-

lații pentru reglări „prin aval”, pentru racordarea bie-furilor și disiparea energiei (spărgătoare de sarcină tip Rians, Saint Hippolytes și Campane), apeducte, sifoane și galerii.

De-a lungul tuturor canalelor (aducțiuni, rami-ficații, distribuții) sunt construite șosele asfaltate – adesea cu benzi de circulație care au înlesnit și con-struirea obiectivelor hidrotehnice și dezvoltarea tu-rismului în colaborare cu sistemul hidrotehnic local.

*Organizarea și etapizarea execuției sistemului Canal Provençe.*

Realizarea obiectivelor enunțate anterior: ame-najarea pentru irigare a unei suprafețe de 60 000 ha (din suprafața dominată de Sistemul Canal Provençe, 100.000 ha), deservirea zonelor industriale din peri-metrul Sistemului Canal Provençe, livrarea apei (brute) marilor centre populate Aix-en-Provençe, Marsilia, Toulon, Hyères, asigurarea cu apă a 116 comune, so-licită: 40 m<sup>3</sup>/s – debit maxim (derivat la cota 350 m), 220 km – aducțiuni și ramificații principale, 3.000 km – rețele de distribuție sub presiune, îngropate, reglări prin „nivel aval constant” și ulterior prin reglări „di-namice”, telecontrolul și telecomanda întregului sistem CP.

Execuția lucrărilor programate a fost realizată în perioada 1964-1980, în trei etape:

Etapa I reprezintă 1/4 din programul general și cuprindea:

- centrul de priză și aducțiunile magistrale (Canal Provençe I, rami-ficația Bimont și ramificația Marsilia N) la dimensiunile și parametrii finali (pentru debitele  $Q = 40; 10; 4$  m<sup>3</sup>/s);

- amenajarea rețelei de distribu-ție (îngropată sub presiune) pentru iri-gații pe o suprafață de 14 300 ha;

- lucrări anexe: acumu-lări-rezervoare, stații de pompare și centrul regional de telecontrol;

- alimentarea cu apă a zonelor industriale din sud-vestul Provençe-ului (Gurile Ronului).

Etapa a II-a cuprindea:

- construirea lucrărilor ce asi-gurau legătura între Rians și zona de litoral, la est și vest de Toulon (Canalul Magistral II, Ramificațiile Var I, II, III și Toulon – est și vest), la parametrii finali (pentru 32–5,5 m<sup>3</sup>/s);

- amenajarea rețelei de distribu-ție pentru irigații pe o suprafață de 18 100 ha (în jurul Aix-en-Provençe, Berre, Rians ș.a., axate îndeosebi pe aducțiunile realizate în etapa I);

- asigurarea cu apă a teritoriilor din partea su-perioară a Sistemului Provençe și crearea de rezerve pentru orașul Marsilia (3 milioane m<sup>3</sup>).

Etapa a III-a prevedea:

- construirea Ramificațiilor Marsilia-Est I, II, Var IV (69,2 km canale, 26,5 km galerii, 5,9 km lucrări de artă, pentru debitul de 14–4,5 m<sup>3</sup>/s);

- alimentarea cu apă a Marsiliei;

- irigarea unei suprafețe de 26 250 ha, deservite cu apă prin lucrările de aducțiune realizate în etapa III, ca și în etapele anterioare I, II.

După cum s-a arătat mai sus, proiectantul (S.S.P.) a primit ulterior și atribuțiile de executant, ca și de organ de exploatare al Sistemului C. Provençe. În această calitate, proiectantul asigură și asistența tehnică beneficiarilor agricoli, rămânând deci permanent legat și răspunzător de sistemul conceput de el, la parametrii ce-și măresc continuu randamentul prin modernizarea exploatării.

S.C.P. exploatează sistemul după metoda în care l-a conceput: „la cerere”, asigurând beneficiarilor prelevarea apei necesare, în orice moment, prin deri-vațiile și instalațiile adoptate în consecință.

Rețeaua de distribuție pentru irigații este de tip conducte sub presiune îngropate (fig. 4.40). Metoda de irigație folosită este aspersiunea (S.C.P. are și sarcina echipării pentru aspersiune a întregii suprafețe desti-

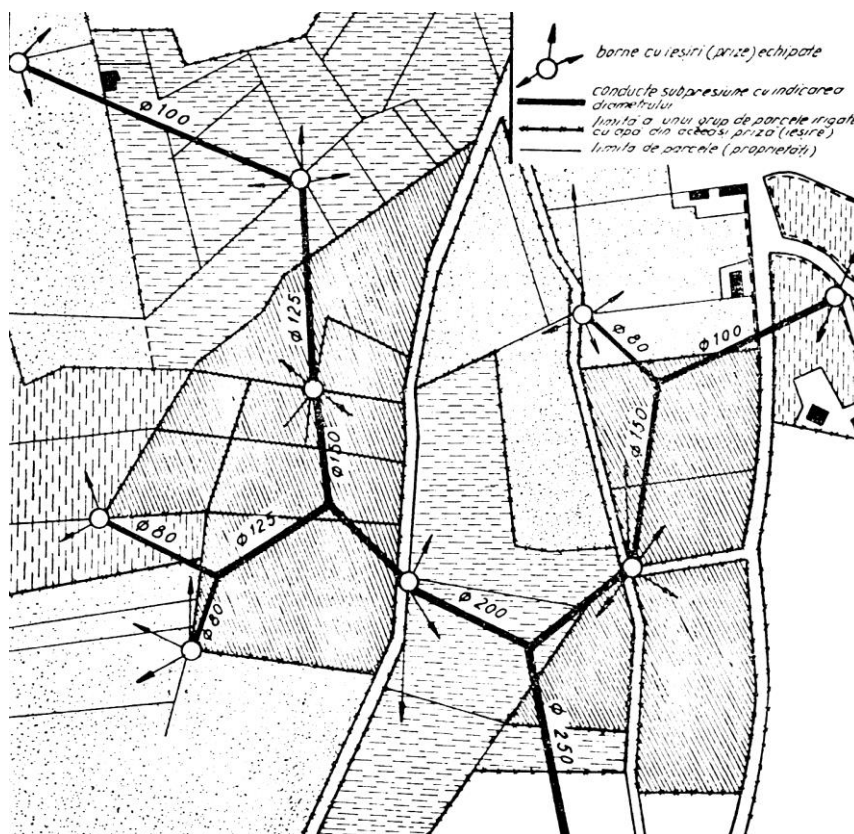


Fig. 4.40. Tip de rețea de distribuție sub presiune, pentru irigații prin aspersiune.

nate irigației, de 60 000 ha). Distribuția apei se face prin contor, ca în orice rețea de alimentare cu apă. Rezultatele acestor procedee sunt: economia de apă, cu reducerea la minimum a pierderilor, și creșterea suprafeței irigate pe seama unor debite mai mici. Totodată, această tehnică de distribuție permite aplicarea aspersiunii și în alte scopuri: antigel, fitosanitar și fertilizant.

Sfera exploatarei include și acumulările (de pe cursurile de apă și din interiorul Sistemului Canal Provençe), ca și instalațiile aferente, care pot fi și de tipul unor stații de pompare. Este interesant de subliniat modul de suplimentare cu apă din râul Verdon a acumulării Carcès, prin intermediul unei stații de pompare (deschisă) și al unei conducte de aducțiune.

Întrucât caracterul „cererii de apă” este aleatoriu, sistemul de reglare trebuie să permită adaptarea în permanență a debitelor la cerințe, fără pierderi, deficite sau deversări de apă din rețea. În acest scop, rețeaua de aducțiune (C.P. I, II și Ramificațiile) este echipată cu vane reglatoare „cu nivel aval constant”, care divid canalele în biefuri cu niveluri de apă ce oscilează între limite predeterminate (de la  $Q = 0$  la  $Q_{max}$ ). Fiecare bief primește un debit de apă, prin secțiunea amonte, echivalent cu debitul preluat în aval.

Acest sistem de reglare „cu comandă prin aval” poate fi considerat ca fiind automatizat, însă cu caracter local, la nivelul biefurilor. Acest mod de reglare asigură – în cadrul biefului – diminuarea pierderilor de apă ca și reducerea personalului de exploatare. Însă adaptarea condițiilor de scurgere la variația debitelor cerute de beneficiari, împreună cu asigurarea unei totale siguranțe în exploatarea întregului sistem, este posibilă numai cu ajutorul unei rețele de teletransmisie, ca rezultat al combinării reglărilor hidraulice cu nivel aval constant cu cele electronice. În acest caz, informațiile colectate în numeroasele puncte ale rețelei (în posturile de execuție – P.E.) sunt transmise centralizat postului dispecer unde sunt sistematizate și verificate. De aici, după cerințe, se pot modifica comenzile prin telecomandă – condițiile (parametrii) scurgerii.

Societatea Canal Provençe (S.C.P.) militează pentru extinderea telecomenzii în toate sectoarele sistemului de irigații, pentru a se ajunge la un regim de curgere permanent telecomandat. Aceasta înseamnă adoptarea metodei de reglare „dinamică”, care va comporta utilizarea unui ordinator industrial, asigurând controlul și comanda scurgerii conform programului optim prescris.

Centrul tehnico-organizatoric a fost fixat la Tholonet, cu dispeceratul general, iar centrul administrativ, la Marsilia. Centrul Tholonet, conceput inițial cu caracter de evidență și contabilitate (analitică generală, situații de lucrări) pentru S.C.P., a devenit în prezent „creierul” tehnic al Sistemului C. Provençe. Centrul de

calcul elaborează și soluțiile de optimizare în Sistemul Canalului Provençe, ca: rețeaua de irigație cea mai economică, regimul de curgere în galerii, caracteristicile unor lucrări – diguri, canale, uvraje etc.

Societatea Canal Provençe, preocupată și de efectul economic al amenajărilor pentru irigații, a organizat cercetări în scopul găsirii celor mai corespunzătoare condiții de aplicare a udărilor. Tehnica irigației prin aspersiune a fost adoptată pentru motivele: reglarea umidității cu precizie mai mare; economisirea apei și a forțelor de muncă; furnizarea apei „la cerere” beneficiarilor, din rețele sub presiune colective-teritoriale; contorizarea cu ușurință mai mare a apei livrate.

Organizarea cercetărilor este concentrată pe centre de cercetări, ca cel de la Tholonet, St. Hippolyte (Abéau).

Direcțiile principale de cercetare sunt axate pe câteva criterii:

- stabilirea nevoilor reale de apă ale diferitelor culturi în cursul ciclului de vegetație și în funcție de condițiile pedologice locale. Cercetările se efectuează în câmpuri unde se stabilesc normele reale de udare și a plafoanelor optime de umiditate, folosindu-se aparatură perfecționată – pornindu-se de la lizimetre și ajungându-se la programatoare comandate prin evapotranspirometre, ca în Sistemul Ron – Languedoc;

- verificarea și omologarea principalelor echipamente de aspersiune, care înregistrează aici, ca și în alte țări, o evoluție continuă.

Ca efect al preocupării pentru modernizarea tehnicii irigației, s-a organizat în iunie 1971 și colocviul Internațional de Irigații de la Aix-en-Provençe. Problemele aduse în discuție la acest colocviu, explică preocuparea Franței de Sud în găsirea celor mai adecvate căi, soluții, utilaje, echipamente și materiale.

#### **4.2.2.4. Amenajarea complexă a Rhônului.**

##### **Amenajarea hidrotehnică a fluviului Rhône, în scop energetic, de navigație și hidrolic-agrar**

Amenajarea Rhôn-ului, aval de Geneva (frontiera Elveției) și până la Marea Mediterana (în apropierea portului Marseille – Fos), cu un curs în albie naturală de 500 km lungime, s-a decis prin legea din 27 mai 1921, sub denumirea de „Formula Rhôn-ului”, cu scop complex: utilizarea energiei hidraulice; navigație; irigații, drenaje și alte folosințe agricole, vastele lucii de apă ale biefurilor – palierelor favorizând și instalarea zonelor de agrement.

Printr-un decret din 5 iunie 1934 s-a acordat Companiei Naționale a Ronului – C.N.R. – concesiunea acestei amenajări.

Caracteristicile hidrologice ale Ronului sunt sintetizate în planșa diagramă din fig. 4.41.

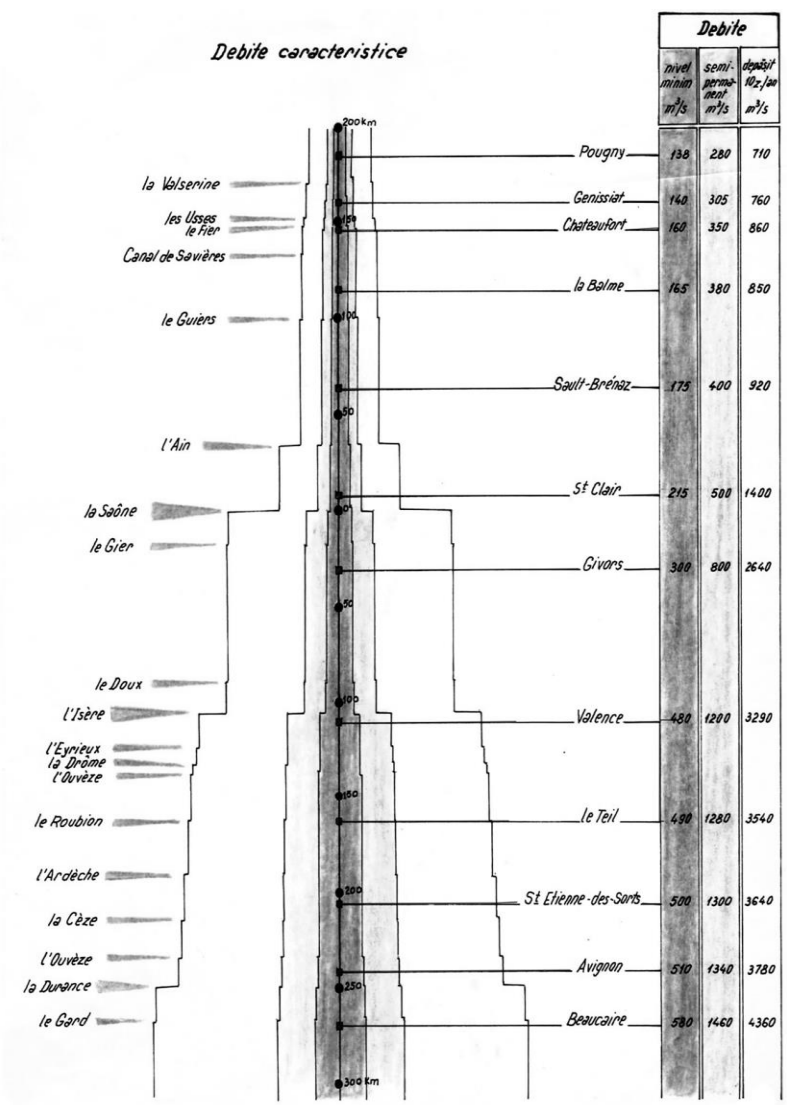


Fig. 4.41. Hidrologia Ronului.

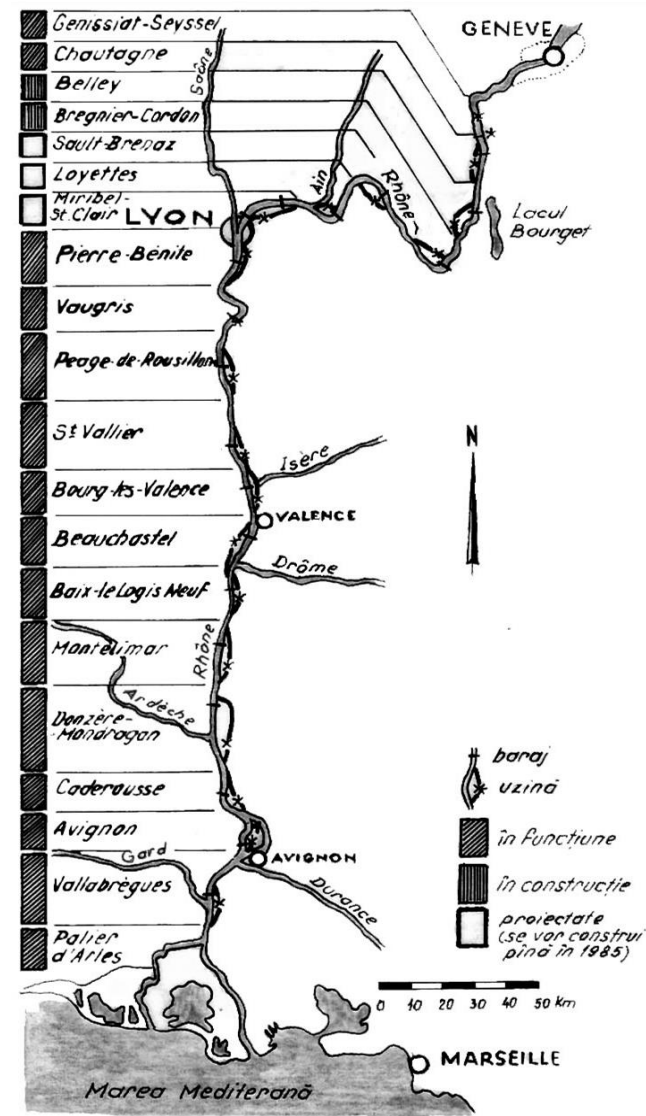


Fig. 4.42. Schema sectoarelor de amenajare a Ronului.

Planul general de amenajare, elaborat de C.N.R. a prevăzut construirea a 20 de lucrări complexe, între frontiera cu Elveția și Mediterană (fig. 4.42).

Pe Ronul inferior, între Lyon și Mediterană, sunt amplasate 12 asemenea lucrări complexe, de tipul unor succesiuni de paliere cu lungimea de aproximativ 20 km. Fiecare bief (palier) cuprinde un baraj, situat în aval de o retenție îndiguită și un canal de derivație, pe care este implantată o uzină hidroelectrică cu o ecluză (fig. 4.43). Lucrările au fost executate în cea mai mare măsură după al doilea război mondial, din martie 1980 fiind terminat și bieful Vaugris, fluviul este deschis navigației de mare gabarit, pe 310 km lungime (între Lyon și Marsilia).

Pe Ronul superior, între frontiera elvețiană și Lyon, sunt prevăzute în plan încă 8 asemenea biefuri-paliere. Dintre acestea, primele două căderi (Génissiat și Seyssel) au fost executate înainte de război, următoarele două (Chautagne și Belley) au fost date în exploatare până în anul 1981, a cincea cădere (Bregnier-Cordon) era în lucru în 1981, iar în 1983 s-a dat în exploatare. Penultimele două amenajări (Sault-Brenaz și Loyettes) aveau termen de execuție anul 1985, iar pe sectorul Miribel-St-Clair se vor amenaja două ecluze, care vor permite legarea regiunii Loyettes cu zona aglomerată lyoneză, racordând astfel zona industrială din câmpia l'Ain, cu axa fluvială Ron-Saone, printr-o cale navigabilă de 50 km lungime. În fig. 4.44 se vede biefarea Ronului amenajat în paliere, cu caracteristicile

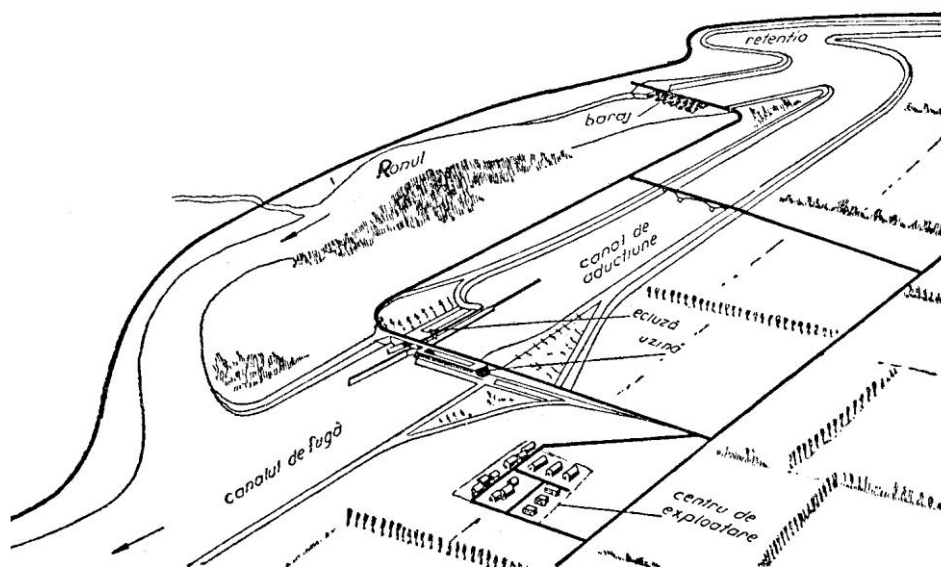


Fig. 4.43. Schema tip a amenajării unui bief pe Ron.

( $H$  și  $L$ ) fiecărui bief.

Condițiile dificile de desfășurare a lucrărilor pe Ron, datorate existenței a numeroase aglomerații riverane, precum și albiei înguste, au condus C.N.R. la soluția divizării întregului curs în biefuri care au format obiective distincte de amenajare.

Obiectivul central al fiecărei amenajări era de a reduce sensibil panta fluviului, cu concentrarea denivelării naturale între extremitățile sectorului amenajat, într-o secțiune în care s-au implantat uzina hidroelectrică și ecluza alăturată uzinei, prin care se asigură navigația, în zona căderii.

Pentru reducerea vitezei, respectiv creșterea secțiunii de scurgere, s-au adoptat diverse procedee, fie prin formarea unei retenții largi și cu adâncime mare pe patul natural, fie prin crearea unui canal de derivație de dimensiuni mari sau prin dragarea în patul râului.

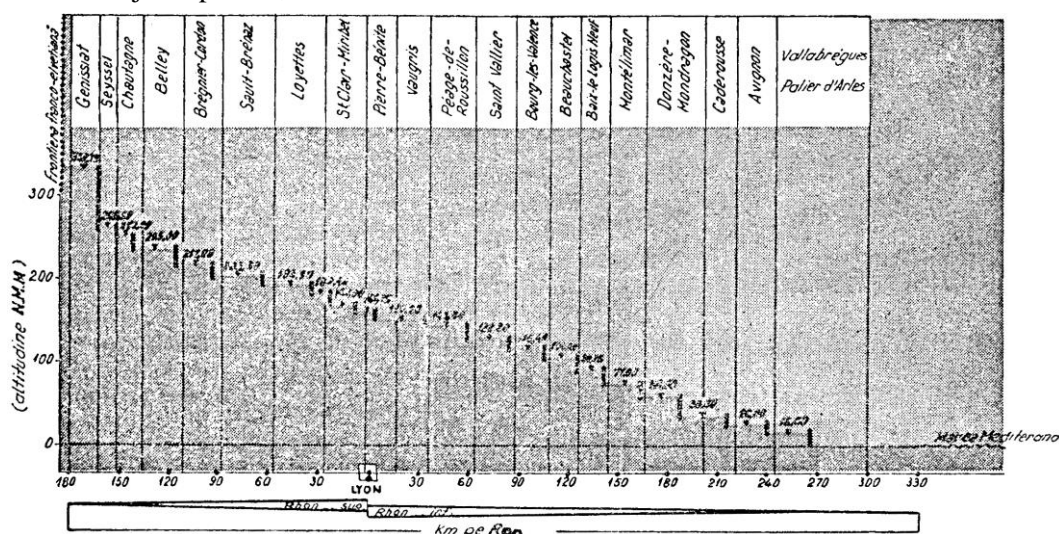


Fig. 4.44. Profilul longitudinal al Ronului biefat.



Când valea este îngustă (ex. Génissiat) sau când malurile fluviului sunt intens populate sau valorificate, neexistând condiții de execuție a unui canal de derivație (ex. Seyssel și Vaugris), uzina și barajul sunt reunite în aceeași lucrare, implantată în extremitatea aval a biefului amenajat.

Din contră, când valea este largă și cu puține obstacole, soluția adoptată este aceea a uzinei și ecluzei în derivație. Barajul, de mică înălțime, este situat în partea amonte a biefului amenajat și permite dirijarea în derivație a debitului necesar funcționării uzinei.

Uzina-ecluză este în general implantată în punctul de derivație, conducând astfel la terasamente minime. Nivelul apei în canalul de derivație (de aducțiune) este acela al retenției, iar în canalul de fugă nivelul apei este acela li fluviului în secțiunea de restituție.

În majoritatea cazurilor, amenajarea biefurilor este completată prin dragaje executate în patul râului, aval de această restituție, până la limita retenției amenajării următoare.

Când debitele râului sunt inferioare debitelor de trecut prin uzină, canalul de derivație va transporta numai debitul de salubritate.

În timpul viiturilor, barajul se deschide progresiv și debitele corespunzătoare tranzitează prin canalul de derivație.

*Programul de echipare hidroenergetică.* Acest program a fost început în anul 1937, cu cea mai mare cădere – Génissiat (70 m înălțimea barajului).

Lucrările de terasament (fig. 4.45.) pentru realizarea îndiguirilor, canalelor, închiderilor rapide și batardeurilor, au solicitat în amenajarea Ronului peste 400 milioane  $m^3$  (cu un ritm lunar care depășea adesea 1 milion  $m^3$ ), în condiții din cele mai dificile de lucru: pericolul inundațiilor fluviului, materialele de construcție slabe (măluri) și obligația de a nu fi perturbat stratul acvifer-freatic folosit de sectorul agricol.

Toate barajele de pe Ron sunt prevăzute cu vane mobile (fig. 4.46), a căror secțiune totală permite descărcarea viiturilor celor mai mari ce s-au înregistrat, fără supraînălțarea nivelului apei în retenție. Pentru Ro-

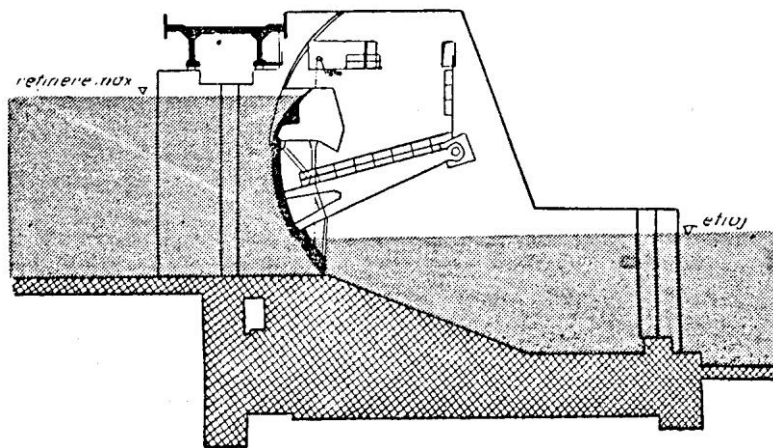


Fig. 4.46. Soluția echipării barajului cu vane (Barajul Avignon).

nul inferior, această viitură s-a estimat la 15.000  $m^3/s$ .

Barajele uzinelor hidroelectrice de pe Ron sunt de mică înălțime ( $h_b = 6-26$  m), cu excepția uzinei Génissiat, al cărei baraj (de greutate din beton, la piciorul căruia este instalată uzina), înalt de 70 m, delimitează un vast rezervor de apă amplasat în zona montană.

Cu privire la echipamentul uzinelor hidroelectrice (U.H.E.) se diferențiază următoarele situații (fig. 4.47.):

- uzina H. E. Génissiat, cu cea mai mare cădere ( $h_b = 70$  m), este echipată cu turbine Francis (6 grupuri turboalternatoare de 65-70 MW);

- uzinele de mică cădere ( $h_b = 6$  m: Seyssel, Vaugris;  $h_b = 26$  m: Donzère-Mondragon;  $h_b = 9-12$  m: cele mai numeroase) sunt echipate fie cu grupuri verticale cu turbine Kaplan, fie cu grupuri „bulb reglabil” sau cu grupuri „bulb simplificat”.

Debitele turbinate sunt de: 700  $m^3/s$  în uzinele de pe Ronul Superior (în aval de Seyssel, uzinele sunt echipate cu 2 grupuri); 1.400-1.600  $m^3/s$  în uzinele situate între Lyon și Isère (echipate cu 4 grupuri) și 1.900-2.400  $m^3/s$  în uzinele situate aval de Isère (echipate cu 6 grupuri).

Debitele unitare ale tuturor mașinilor sunt cuprinse între 350 și 400  $m^3/s$ . Aceste caracteristici au permis o oarecare uniformizare în alegerea grupurilor.

Caracteristicile tehnico-construcție și de exploatare-productivitate ale amenajărilor de pe Ron sunt indicate în tabelul 4.82.

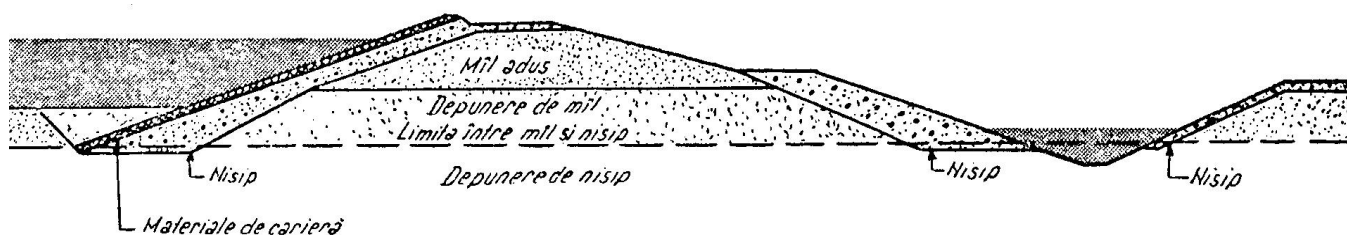


Fig. 4.45. Soluția tip a lucrărilor de terasament – (rambleu-debleu) – pe Ron.

**Tabelul nr. 4.8.** Caracteristicile principale ale amenajărilor Rhôn-ului

Amenajările (biefurile-palier)		Produc- tivități (GWh/an)	Caracteristici nominale (debitul echipamentului)		Lungimea amenajării (km)				Anul punerii în funcțiune c) cădere în construcție; p) cădere în proiect	Terasamente (mil. m <sup>3</sup> )	Betoane (mii m <sup>3</sup> )	Debite unitare (m <sup>3</sup> /s)	Diametrul rotorilor (m)
			Înălțimea căderii (m)	Puterea (MW)	Retenția	Canal de aducțiune	Canal de fugă	Total					
RHÔNUL SUPERIOR	Génissiat-Seyssel	1.820	74,35	440	28,0	–	–	28,0	1948–51	1,5	880	117	–
	Chautagne	455	15,00	90	5,7	5,4	3,3	14,4	1980	8,0	100	350	6,40
	Belley	440	15,05	90	5,0	13,0	1,7	19,7	C (1981)	10,0	100	350	6,40
	Bregnier Cordon	320	11,40	74	11,5	5,0	2,7	19,2	C (1981)	8,0	80	350	6,40
	Sault-Brenaz	250	7,60	40	28,0	1,6	0,4	30,0	P (1985)	4,0	70	–	–
	Layettes	275	8,00	47	20,2	5,7	2,3	28,2	P (1984)	9,0	160	–	–
	Cusset (E.D.F.)	425	12,20	107	(4,5)*	(15,8)*	(3,0)*	(23,3)*	1999	–	–	–	–
	Miribel – Saint-Clair	–	–	–	26,0	5,0	1,0	32,0	P (după 1980)	8,0	230	–	–
	Total Rhôn-ul Superior	3.965	143,60	888	124,4	35,7	11,4	171,5	–	48,5	1620	–	–
RHÔNUL INFERIOR	Pièrre-Bénite	525	8,00	80	4,0	–	11,0	15,0	1966	22,0	350	345	6,10
	Vaugris	335	5,70	72	19,0	–	0,5	19,5	1980	9,4	300	350	6,90
	Péage-de Roussilon	880	12,25	168	15,7	9,4	1,9	21,0	1977	29,0	440	400	6,25
	Saint-Valier	700	9,80	120	19,5	3,3	0,7	23,5	1971	18,0	420	400	6,25
	Bourg-lès-Valence	1.085	10,10	180	11,1	7,6	2,3	21,0	1968	26,0	577	350	7,00
	Beauchastel	1.210	11,40	192	11,1	4,4	2,0	11,5	1963	15,0	360	350	7,00
	Baix-le Logis Neuf	1.190	10,10	192	8,8	7,4	1,8	18,0	1960	20,0	420	350	7,00
	Montélimar	1.640	16,05	270	8,6	11,7	1,7	22,0	1957	30,0	537	330	6,60
	Donzère-Mondragon	2.000	20,70	330	4,0	11,0	11,0	32,0	1952	52,5	720	300	6,10
	Caderousse	860	8,30	180	11,5	2,4	2,1	16,0	1975	30,5	470	400	6,90
	Avignon	935	9,00	180	10,6	4,2	5,2	20,0	1973	35,0	430	400	6,90
	Vallabrègues – Arles	1.295	10,50	210	18,0	3,0	57,5	78,5	1970-74	60,0	557	400	6,25
	Total Rhôn-ul Inferior	12.655	131,90	2174	141,9	70,4	97,7	310,0	–	347,4	5581	–	–
Total Rhôn-ul Superior și Rhôn-ul Inferior		16.620	275,50	3062	266,3	106,1	109,1	481,5	–	395,9	1201	–	–

\*) Căderea hidroelectrică Cusset este laterală amenajării navigabile Miribel – Saint-Clair, astfel că lungimile amenajărilor și ecluzelor Cusset nu au fost înscrise în total.



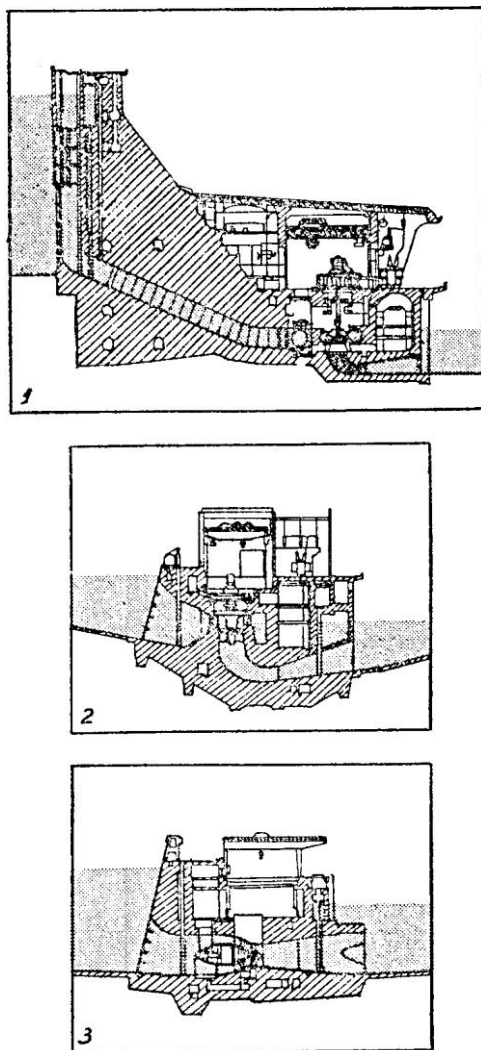


Fig. 4.47. Soluțiile de uzine hidroelectrice de pe Ron:  
1 – uzină de cădere medie echipată cu grupuri verticale (GENISSIAT); 2 – uzină de cădere mică echipată cu grupuri verticale (MONTELMAR); 3 – uzină de cădere mică echipată cu grupuri bulb-reglabili (AVIGNON).

De la darea în exploatare a primelor U.H.E. (Génissiat-Seyssel, în 1951 și Donzere-Mondragon, în 1952) a crescut în mod considerabil producția de energie realizată prin amenajările de pe Ron (fig. 4.48).

În anul 1980, 16 centrale (C.N.R.), cu o putere instalată de 2.600 MW, produceau peste 16 miliarde kWh, ceea ce reprezenta 24% din energia hidroelectrică a Franței și 7% din totalul energiei electrice a țării.

În cele ce urmează, se vor da câteva informații pentru unele biefuri reprezentative.

În bieful Génissiat (1937-1948) – Seyssel (1946-1951), situat la 50 km aval de Geneva, pe Ronul Superior (fig. 4.49), care prezenta particularități favorabile pentru amenajarea unei mari căderi hidraulice, precum și în privința condițiilor geologice de încastrare a barajului (roci calcaroase de bună calitate), s-a putut realiza un baraj de greutate de mare înălțime ( $h_1 = 104$  m;  $L_b = 100$  m la bază și 140 m la coronament), prin care s-a creat o retenție cu  $L_r = 23$  km (până la frontiera cu Elveția) și  $V_r = 12$  milioane  $m^3$ . La piciorul barajului s-a construit uzina hidroelectrică, cu 6 turbine tip Francis cu ax vertical, de 65-70 MW, funcționând sub o cădere totală maximă de 69 m și absorbind un debit de 700  $m^3/s$ . Apa este adusă prin 6 conducte forțate cu  $D_i = 5,75$  m. U.H.E. Génissiat produce 1.660 GWh/an mediu.

Pentru evacuarea debitului neturbinat, amenajarea este completată cu doi evacuatori de ape mari (vii-turi): unul de suprafață, în malul drept, pentru  $Q_{ev} = 2.700$   $m^3/s$  și al doilea subteran, în malul stâng, pentru  $Q_{ev} = 1.300$   $m^3/s$ ; acesta evacuează și depozitele de aluviuni acumulate pe albie și la piciorul barajului.

Uzina H.E. Génissiat funcționează în regim de vârf de sarcină electrică, ceea ce produce pulsații de debite în aval. Pentru a elimina inconvenientele unui astfel de regim de exploatare, C.N.R. a construit în aval de U.H.E. Génissiat, la circa 10 km (amonte de Seyssel), un baraj mobil de compensare ( $V_r = 6$  milioane  $m^3$ ).

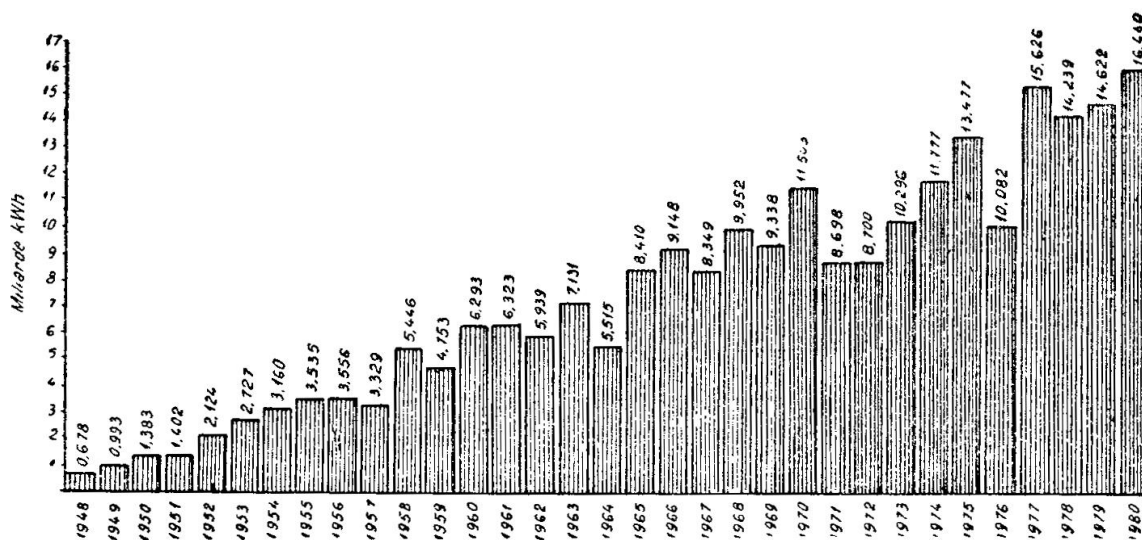


Fig. 4.48. Producția anuală a U.H.E. de pe Ron până în 1980 (în miliarde kWh)

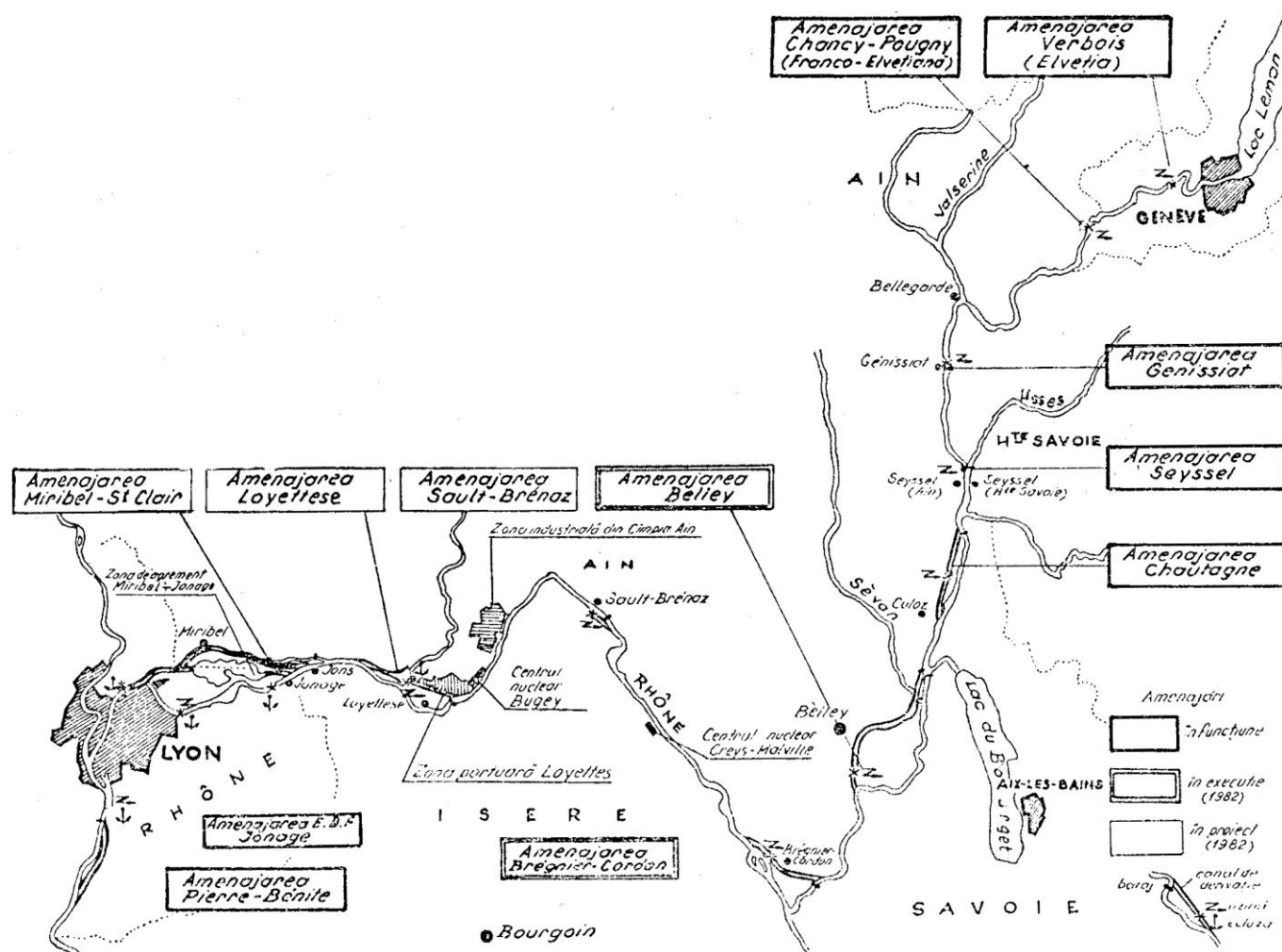


Fig. 4.49. Amenajările hidroelectrice și de navigație pe Ronul Superior.

La acest baraj este atașată U.H.E. Seyssel, echipată cu 3 turbine Kaplan de 13.000 kW, funcționând sub o sarcină de 5-9 m; aceasta produce 160 GWh/an mediu.

Bieful Vaugris (1976–1980), executat pe Ronul Inferior (fig. 4.50), făcând legătura între amenajările Pierre-Bénite și Péage-de-Roussillon, este situat într-o câmpie îngustă, mărginită de versanți cu pante mari și aglomerată de căi de comunicație importante și centre populate (ex. Vienne). Aceste condiții au condus la concentrarea celor trei mari obiective – barajul, uzina, ecluza – într-o amenajare unică, implantată în malul stâng (aval de orașul Vienne) și în patul fluviului (fig. 4.51.).

Barajul cuprinde o descărcare lineară de 126 m, realizată prin 6 treceri de câte 21 m lățime, obturate prin vane segment de 12,8 m înălțime, asemănător barajului Péage-de-Roussillon, situat pe bieful următor din aval (fig. 4.52).

Retenția realizată prin barajul Vaugris se întinde pe 19 km, până la descărcarea canalului de fugă al amenajării din bieful superior – Pierre-Bénite.

Uzina hidroelectrică (fig. 4.53) este echipată cu 4 grupuri bulb cu ax orizontal, cu o putere unitară de 18 MW; 2 grupuri sunt reglabile, iar 2 – din motive de economie – comportă turbine cu distribuitor și pale fixe.

Pe lângă lucrările de bază (baraj – uzină H.E. – ecluză), amenajările din zona palierului Vaugris cuprind și ample măsuri de protecție și drenaj a aglomerațiilor riverane, destinate prevenirii ridicării nivelului freatic și menținerii scurgerii normale a sistemelor de desecare și drenaj din zonă, cu descărcare în fluviu. Pe ambele maluri s-au executat: 5,7 km drenuri, 2,4 km galerii drenante, 2 km conducte de scurgere, 8 km colector de scurgere a apelor uzate din orașul Vienne. Cu materialul obținut din dragarea șenalului navigabil și din regularizarea albiei s-a construit pe malul drept, vizavi de Vienne, o platformă de 50 ha, pentru organizarea unei zone portuare și industriale (la Loire-Saint-Romain).

Bieful Bourg-lès-Valence (1965-1968), situat la nordul treimii centrale a Ronului Inferior, beneficiază și de debitul Iserului, important din puncte de vedere al efectului energetic. Debitul Iserului reprezintă 1/5 din

cel al Ronului, care este de  $1.405 \text{ m}^3/\text{s}$  la Valence.

Amenajarea cuprinde (fig. 4.54; 4.55):

- barajul de retenție echipat cu 6 treceri de 22 m, închise prin vane segment de 11,40 m înălțime;

- canalul de aducțiune navigabil ( $L = 7,6 \text{ km}$ , care s-a construit în zonă joasă – câmpia din stânga Ronului) și care poate transporta până la  $2.100 \text{ m}^3/\text{s}$ . Acest canal s-a construit pe 1,5 km pe albia Iserului regularizată. Apele mari ale Iserului sunt evacuate în brațul mort al Ronului, printr-un descărcător făcut în malul său drept;

- blocul uzină hidroelectrică-ecluză este echipat (U.H.E.) cu 6 grupuri turbo-alternatoare tip Kaplan (fiind ultimele din acest gen instalate pe Ron; toate amenajările ulterioare au fost echipate cu grupuri bulb);

- descărcătorul atașat uzinei, al cărui debit maxim de calcul este de  $950 \text{ m}^3/\text{s}$ , surplusul de debit derivat fiind evacuat prin tulbine;

- canalul de fugă, navigabil ( $L = 2,3 \text{ km}$ ), care descarcă debitul derivat amonte de podul Valence în retenția barajului Charmes – amenajarea Beauchastel.

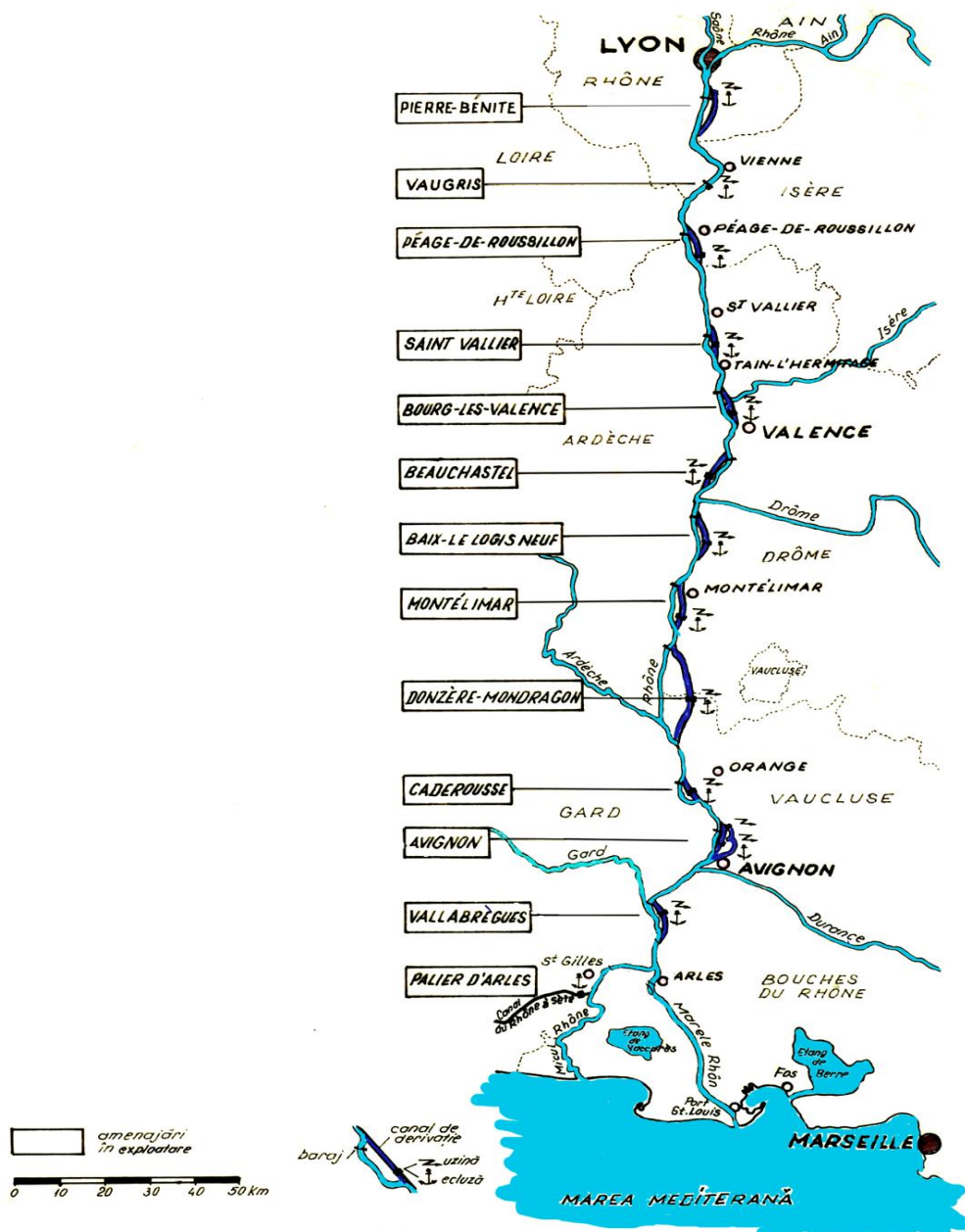


Fig. 4.50. Amenajările hidroelectrice și de navigație pe Ronul Inferior.

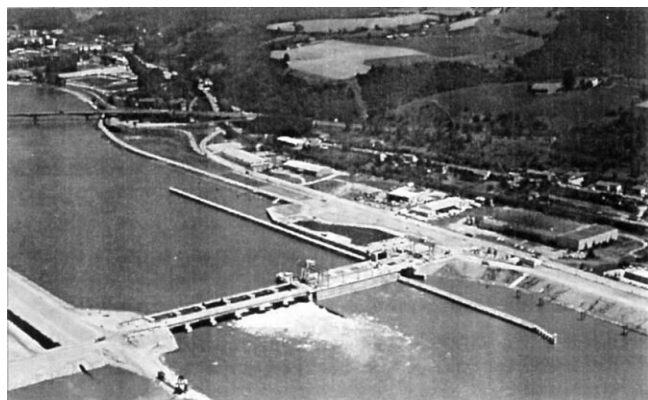


Fig. 4.51. Vederea generală a ansamblului Vaugris (uzină – baraj – ecluză).



Fig. 4.52. Vederea barajului Péage-de-Roussillon, înaintea dării în exploatare (1977). Se văd: structura barajului, cele 6 treceri și vanele segment.

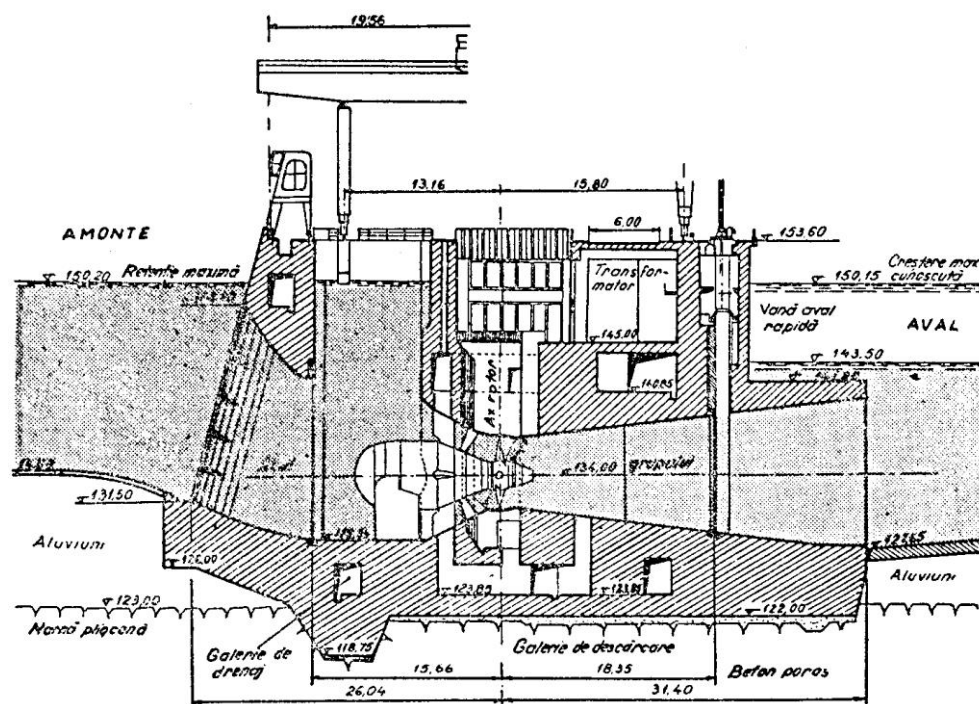


Fig. 4.53. Secțiune prin uzina hidroelectrică Vaugris.



Fig. 4.54. Uzina-ecluză a amenajării Bourg-lès-Valence.



Fig. 4.55. Barajul și uzina H.E. Bourg-lès-Valence.

*Bieful Vallabrègues* (1970-1973) și *Palierul Arles* sunt amenajări care echi-pează cel mai lung tronson al Ronului Inferior, pe care primește și doi afluenți foarte importanți (Durance și Gard), atingând aici maximumul de debit și putere.

Barajul de retenție este realizat diferit de celelalte situații, impus de faptul că prezența numeroaselor aglomerații umane, a terenurilor joase de mare fertilitate și a căilor de comunicații, nu permiteau realizarea unei mari acumulări ce ar fi adus prejudicii acestor obiective. Pentru aceasta, barajul a fost prelungit pe cele două maluri, sub formă de diguri continue pe 18 km lungime, închizând

astfel o retenție lată de 400- 500 m.

Cu această ocazie s-a realizat, din excedentul de debleu, și o platformă insubmersibilă de 75 ha, care va constitui zona portuară Avignon-Courtine. Barajul devorsor cuprinde 8 deschideri de 22 m, echipate cu vane segment, putând descărca în total debitul de  $12.700 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Canalul de derivație, compus din canalul de aducțiune ( $L = 3 \text{ km}$ ) și cel de fugă ( $L = 4 \text{ km}$ ), deservește uzina, echipată cu 6 grupuri turboalternatoare cu ax orizontal, tip bulb, cu o putere de 35 MW fiecare. Sunt atașate uzinei un descărcător cu două deschideri și o ecluză cu o cădere de 16 m.

Amenajarea Vallabrègues permite și protejarea (contra viiturilor) bogatelor câmpii agricole Boulbon și Aramon (fig. 4.50).



*Ecluze, navigație și canale de legătură.* Condițiile de navigabilizare a Ronului, înainte de amenajare, erau limitate din cauzele: sinuozitatea cursului, adâncimea mică a apei la etiaj, viteza mare a curentului la viituri (peste 3-4 m/s) și razele de curbura mici (sub 400 m) în anumite sectoare.

Vasele care navigau în curent liber, înainte de amenajare, nu depășeau tonajul de 500-800 t, solicitând în schimb motoare supradimensionate, a căror exploatare devenea dificilă și scumpă, fiind rar folosite la capacitatea maximă.

După amenajare și echipare, condițiile de navigabilizare s-au îmbunătățit simțitor prin barajele și ecluzele de mare gabarit, prin creșterea adâncimii de ancoraj la peste 3 m, prin retențiile îndiguite și pe canalele de derivație, prin reducerea vitezei curentului de apă sub 2 m/s și chiar sub 1 m/s, prin crearea unui șenal de min. 60 m lărgime, cu raze de curbura de circa 1.000 m și prin asigurarea unei înălțimi normale de circulație sub poduri de 7 m.

Ecluzele Ronului (fig. 4.56), având sasul de 192 x 12 m, permit circulația autodelor de 1.500 tone și a convoaielor împinse (cu lungime de 180-190 m și lățime de 11,4 m), transportând 3.000-5.000 tone mărfuri, după adâncimea disponibilă a șenalului.



Fig. 4.56. Ecluză cu mare gabarit (195 x 12 m).

Prima ecluză amenajată, Donzère-Mondragon, a constituit un record mondial la data respectivă (1952), prin căderea de 26 m. Ulterior, prin punerea în funcțiune a biefului aval Caderousse (1972-1975), căderea s-a redus la 23 m. Această mare înălțime de cădere prezenta riscuri de exploatare în momentul umplerii și golirii sasului, prin turbioanele produse în planul de apă, susceptibile de a periclita construcția. În baza unor studii hidraulice aprofundate, s-a pus la punct un sistem original de alimentare și golire prin fundul sasului, grație căruia umplerea și golirea se efectuează cu mare viteză, fără perturbații importante în planul de apă.

Pentru ecluzele construite ulterior, s-a căutat să se reducă pe cât posibil înălțimea de cădere, prin realizarea de lucrări mai economice, fără a se reduce cali-

tatea acestora. Pentru acestea (ex. Avignon, Caderousse, Vaugris) s-a asigurat alimentarea – nu prin fund ci lateral, printr-un sistem de apeducte.

Amenajările de pe Ron au făcut din acesta o cale navigabilă modernă, care, în anul 1980 asigura un trafic de ordinul a 20 milioane tone pe an, între Lyon și Mediterană, pe 310 km (fig. 4.57. și 4.58).

Specialiștii și forurile de resort franceze consideră că aceste amenajări reprezintă prima etapă a Ronului, întrucât caracteristicile hidraulice ale acestuia (cu adâncime de ancoraj mai mare de 3 m) permit trecerea la a doua generație de ecluze, mai adânci și mai largi, permițând trecerea convoaielor de 10.000-15.000 tone, respectiv triplarea capacității de transport. Lucrările necesare în biefuri pot fi de mică importanță, limitându-se în special la dragaje de circa 17% din lungimea căii navigabile.

Ronul reprezintă (din anul 1980) un ansamblu navigabil model de mare gabarit în sud-estul Franței, însă nelegat prin canale de gabarit mare cu alte căi (Sena, Rin, Meuse, Canal Dunkerque-Valenciennes) (fig. 4.59).

Ronul este în prezent racordat la rețeaua națională de navigație interioară prin canale cu gabarit mic, spre est, spre sud-vest, spre centru și nord – nord-est. În anul 1982 se afla în curs de amenajare râul Saône, pentru realizarea unei legături navale cu gabarit mare între Lyon și Auxonne. În felul acesta se va asigura o axă de navigație modernă, cu mare gabarit, lungă de 500 km între Marea Mediterană și interiorul Franței, spre nord.

Prin construirea, pe Ronul Superior – amonte de Lyon – a două ecluze și a unui baraj, se va putea asigura o importantă antenă a acestei axe ( $L = 50$  km), ce deservește zona industrială din șesul Ain, această legătură la calea navigabilă Rin-Ron reprezentând condiția esențială a dezvoltării acestei zone industriale (chimice).

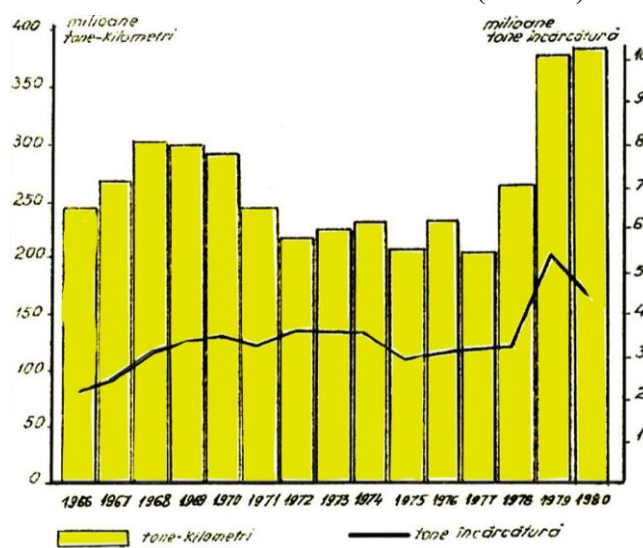


Fig. 4.57. Evoluția traficului naval pe Rhône (în tone – încărcătură și tone – kilometri)



Fig. 4.58. Zonele portuare ale Rhôn-ului

Legătura navigabilă între Lyon și Pont de Lagnieu comportă 4 biefuri-palier, ultimul, Loyettes, fiind realizat cu ocazia amenajării hidroenergetice Loyettes.

Soluțiile biefării – prin baraje, ecluze, uzine hidroelectrice sunt similare Ronului Inferior; ecluzele au 195 mX12 m, căderi de 5–15,4 m.

Prin reprofilarea și amenajarea pentru navigație a râului Saône, până la Dijon, s-a asigurat o cale de navigație pe 500 km, între Saint-Symphorien și Mediterană, pentru convoaie de 4.000 tone. Mai la nord, Rinul fiind amenajat între Bale și Strasbourg (Convenția franco-germană din 4 iulie 1969), iar sectorul

aval al Rinului fiind amenajat în curent liber, sunt create toate condițiile pentru realizarea joncțiunii între cele două mari fluvii – Ron și Rin.

Există deja între cele două mari fluvii o cale navigabilă de 230 km, dar aceasta este de gabarit mic. Legătura respectivă între Ron și Rin este realizată prin râul Saône (Saint-Symphorien) și Canalul Alsace – Rin (Niffer). Această cale, dusă pe văile râurilor Doubs și L'Ille, este foarte veche, ultima sa modernizare datând din anul 1921. Aceasta, pe lângă faptul că nu poate da acces la vase peste 300 tone, comportă și un număr foarte ridicat de ecluze: 112.

Prin legea din 4 ianuarie 1930, C.N.R. a primit sarcina de a realiza legătura navigabilă Saône (Ron) – Rin, printr-un canal de mare capacitate, realizat asemănător Ronului (fig. 4.60.).

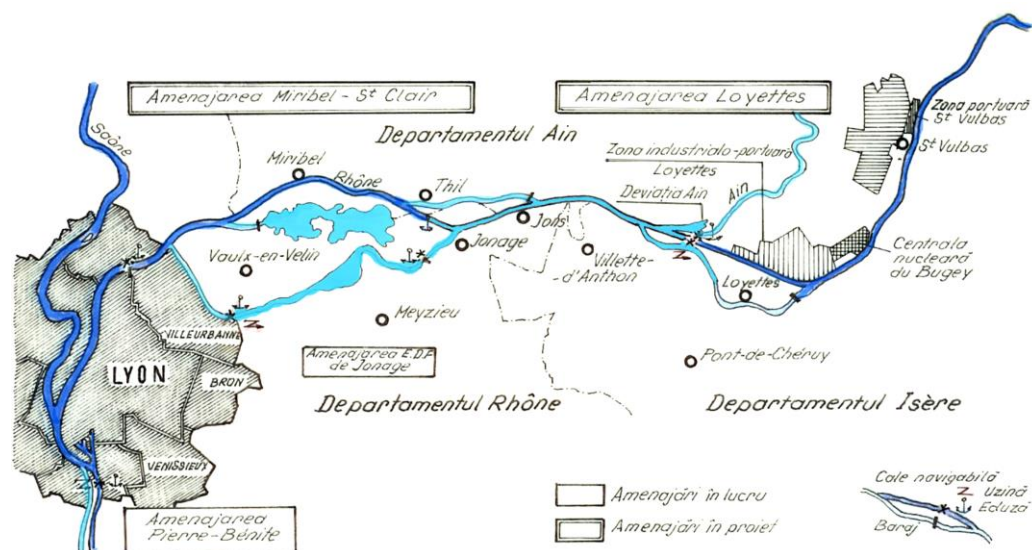
Legătura Saone-Rin include în total 229 km cale navigabilă, divizată în 23 biefuri, delimitate prin 24 ecluze, permițând să străbată o denivelare totală de 263,95 m. Mai mult de jumătate (128,5 km), traseul este înscris printr-un canal artificial; lucrări speciale de construcții: 24 ecluze, 15 baraje, 10 stații de pompare, 76 poduri rutiere, 11 poduri feroviare; 128,5 km canale artificiale, 10 km pereți subteran, dragaje și derocări în râuri, 2 tranșee adânci și un tunel de 1.100 m lungime (La Besançon).

Cele de mai sus înscrisu: 2,6 milioane m<sup>3</sup> betoane și 74 milioane m<sup>3</sup> terasamente. Execuția a fost programată pe 10-12 ani.

Întrucât realizarea acestui obiectiv hidrotehnic are mari implicații, prin impactul ce-l exercită asupra zonei străbătute: în ceea ce privește dinamica și calitatea apelor subterane; perturbarea surselor de alimentare cu apă potabilă; intersecția diverselor zone economice, turistice de interes arheologic; traversarea orașelor și comunelor ș.a., proiectul C.N.R. prevede și măsurile, soluțiile și căile de protecție.

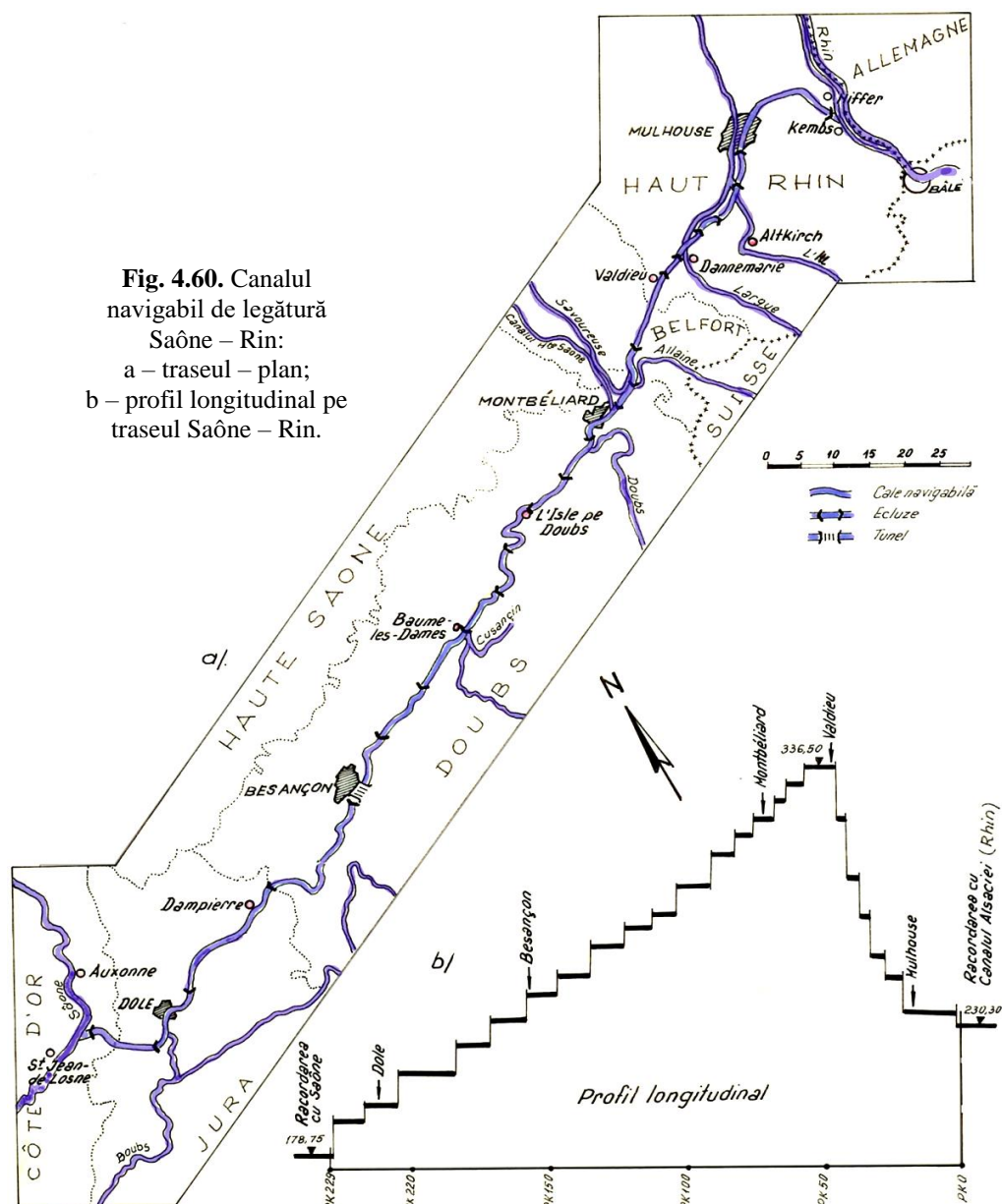
Această nouă și vitală cale navigabilă asigură pe lângă traficul de aproximativ 20 milioane tone/an (8 convoaie pe zi în ambele sensuri) și dezvoltarea economico-industrială, agricolă și de agrement a unui important teritoriu, situat spre frontiera Franței cu Elveția și Germania.

*Lucrări hidroaulico-agrar și pentru valorificarea superioară a întregului spațiu al Ronului.* Cele trei obiective fundamentale ale amenajării fluviului Ron: hidroenergetic, navigație și irigații-drenaje, au necesitat lucrări considerabile și pe un plan mai general de ameliorare a întregului spațiu, prin: restructurări de folosințe și comasări, reinstalații și exproprieri, irigații, asanări, valorificarea produselor agricole și piețe de desfacere, energia necesară, protecție contra viiturilor, reglarea și stabilizarea nivelului apelor freatice, echipamente pentru lucrările hidroameliorative ș.a.



**Fig. 4.59.** Legătura navigabilă Ain din zona Ronului Superior.

**Fig. 4.60.** Canalul navigabil de legătură Saône – Rin:  
a – traseul – plan;  
b – profil longitudinal pe traseul Saône – Rin.





Valea Ronului, prin climatul și solurile extrem de fertile, are un rol economic important, suprafața respectivă afectând circa 200.000 ha.

Amenajările hidrotehnice realizate în scop energetic și de navigație, prin amplasament și extindere, au scos din circuit importante suprafețe agricole. În scopul remedierii acestei daune, prin care s-ar fi redus potențialul agricol al văii, ca și pentru a se utiliza posibilitățile de irigații create prin amenajarea fluviului, s-a elaborat (1962), de către C.N.R. (Compania Națională a Ronului), în colaborare cu serviciile de resort din Ministerul Agriculturii, un studiu general de „probleme agricole” și de mijloace. Prevederile din studiu nu au numai rolul de a compensa daunele aduse patrimoniului agricol prin exproprierile necesare realizării lucrărilor, ci și rolul de a valorifica în ansamblu întregul spațiu din Valea Ronului. S-a realizat un veritabil plan cadru de politică globală a dezvoltării agriculturii în Valea Ronului, cunoscut sub denumirea de „Convenție Agricolă”, fundamentat pe reglementări și prescripții legale (1962). Au fost înscrise astfel, pentru fiecare bief-palier din sectorul Ronului Inferior, de la Lyon până la Marea Mediterană, lucrările de amenajare necesare (fig. 4.61), ca și modalitățile de finanțare din partea Ministerului Agriculturii, instituțiilor publice și în special C.N.R., care acoperă aproape în totalitate cheltuielile.

Intervențiile în domeniul agriculturii au inclus pentru C.N.R.:

- operațiile de comasare;
- lucrările hidrolico-agrar – irigații și drenaje;
- acțiuni în favoarea industriei agricole;
- furnizarea de energie pentru agricultură;
- studii diverse pentru ameliorarea potențialului agricol al Văii Ronului.

**Sistematizarea-comasarea.** Multitudinea parcelor, cu planuri extrem de diverse de culturi, nu putea asigura o agricultură modernă și prosperă. Crearea noilor infrastructuri de interes colectiv (drumuri, autostrăzi, canalizări de râuri, gazoducte, conducte de petrol etc.), adăugate obstacolelor rezultate prin construcțiile hidroenergetice și de navigație, care în numeroase cazuri divizau aceste terenuri (ce impuneau poduri de acces și alte asemenea măsuri), au avut rolul de a impune comasarea parcelor, cu schimbarea adesea a folosințelor. Legislația din anul 1962 înscrisa, obligațiile beneficiarilor marilor lucrări de interes public, care expropria sau aduceau prejudicii exploatarelor agricole respective, de a le remedia, prin participare financiară la executarea operațiilor de comasare, schimburi de terenuri și lucrări conexe.

Suprafața afectată de amenajarea Ronului Inferior, pe care s-au realizat lucrările de sistematizare și comasare, se ridică la 200 000 ha (în valea Ronului).

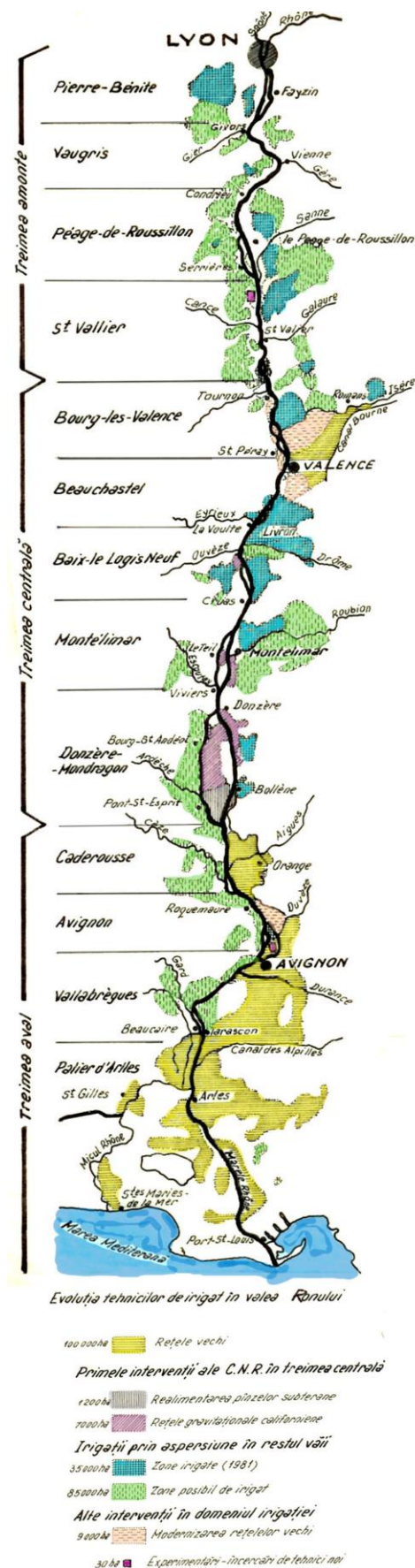


Fig. 4.61. Zonele agricole de amenajare din sectorul Ronului Inferior.



Amenajările pentru agricultură au fost completate de alte genuri de lucrări reclamate de necesitățile zonei, ridicate la un înalt randament: rețele de transport de toate tipurile (drumuri și autostrăzi, căi ferate și de navigație, aeroporturi), echipamente energetice variate (hidraulice, termice, nucleare), extinderea aglomerațiilor, instalații industriale.

Amenajările de irigații colective, realizate prin organizații diverse (asociații sindicale, sindicate departamentale ș.a., sub controlul serviciilor Ministerului Agriculturii, valorifică sursele de apă de suprafață, iar tehnica folosită este aspersiunea, în primul rând. Irigația tip „californian” (prin conducte subterane și cu distribuția prin guri prevăzute cu vane, apa ieșind cu presiune mică), irigarea prin scurgere la suprafață, pe brazde, ca și picurarea, ocupă suprafețe restrânse. Picurarea, care permite limitarea consumului de apă și energie, se află mai mult în stadiul experimental.

Rețelele individuale de irigații exploatează îndeosebi apa ridicată din pânzele freatice.

Irigațiile s-au extins pe două direcții: prin restructurarea și modernizarea vechilor rețele; prin realizarea unor lucrări noi, legate de construirea canalelor de navigație și H.E., de comasarea terenurilor și de noua reorganizare a întregului teritoriu prin C.N.R.

Este de reținut faptul că marile amenajări hidrotehnice din biefurile-palier au condus în majoritatea cazurilor la modificări substanțiale asupra condițiilor hidrogeologice: fie la ridicarea nivelului freatic în perimetrul aflat sub influența acumulărilor și canalelor de aducțiune, fie la coborârea nivelului freatic în terenurile situate de-a lungul canalelor de fugă.

Dacă prima situație nu ridică probleme deosebite, canalele drenante putând regla dinamica apelor freatice și a infiltrațiilor, situația a doua, aducând prejudicii agriculturii prin coborârea nivelului freatic (de ex. pe 10 km lungime a fâșiei de teren ce limita canalul de fugă al biefului Donzère-Mondragon), a impus intervenții energice pentru remediere. Astfel, C.N.R. a efectuat peste 230 foraje, în care a injectat apă, în debit de circa 10 m<sup>3</sup>/s, pentru reîmbogățirea și ridicarea nivelului freatic.

În urma ivirii unor asemenea situații, proiectantul și executantul general al amenajărilor de navigație și hidroenergie – C.N.R. – a comasat, într-un singur proiect complex și într-o singură schemă organizatorică de execuție, cele trei obiective: hidroenergetice, de navigație și de irigații-asanări pe biefurile-palier.

Ca urmare a rezolvării în complex a celor trei categorii de amenajări (hidroenergetice, navigație și irigații-asanări), echipamentele și amenajările hidroagricole au beneficiat de avantajul extrem de mare de a preleva gratuit apa din Ron – 175 m<sup>3</sup>/s pentru irigații (din care 100 m<sup>3</sup>/s pentru Valea Ronului propriu-zisă și 75

m<sup>3</sup>/s pentru perimetrul Bas-Rhône-Languedoc). La acest avantaj se mai adaugă și acela, grație barajelor de retenție, de a menține ridicat nivelul apei în biefurile-palier, independent de debitele scurse pe fluviu și deci de a se asigura cote ridicate ale apei pentru irigații. Posibilitatea de a preleva din Ron un debit de 175 m<sup>3</sup>/s asigură irigarea unei suprafețe de 350 .000 ha.

*Lucrări de protecție a terenurilor.* Pentru ameliorarea condițiilor hidraulice ale terenurilor din Valea Ronului, au fost necesare și măsuri de asanare sau de recalibrare a albiilor emisarilor, de amenajare a râurilor ce străbat valea, de regularizare a scurgerilor pe versanții limitrofi și de protejare a terenurilor agricole contra inundațiilor.

– Asanările, mai puțin utile în zona Văii Ronului, s-au executat – unde a fost cazul – sub formă de canale deschise și chiar sub formă de drenaj (ex. în mlaștinile Gard); au fost echipate cu asemenea amenajări circa 67.000 ha (1981).

– Îndiguirile construite în lungul Ronului pentru realizarea amenajărilor energetice și de navigație protejează totodată importante suprafețe agricole. Pe biefurile-palier aval de Lyon, suprafețele inundabile se estimau la 42.320 ha; prin îndiguiuri au fost protejate total – 13.470 ha, parțial – 27.750 ha, iar 1.130 ha au rămas în situația inițială (tabelul 4.9).

**Tabel 4.9.** Protejarea terenurilor agricole limitrofe biefurilor-palier din Ronul Inferior

Bieful-palier	Suprafața inundabilă înainte de amenajare (ha)	Suprafața protejată prin amenajare		Suprafața a cărei situație rămâne neschimbată (ha)
		Total (ha)	Parțial (ha)*	
Pierre Bénite	1250	800	450	-
Vaugris	1100	240	260	600
Péage de Roussillon	2400	700	1500	200
Saint-Vallier	700	350	220	130
Bourg – Iès – Valence	1250	850	400	-
Leauchastel	1900	580	1320	-
Baix-le-Logis Neuf	2150	800	1350	-
Montélimar	3200	1200	2000	-
Donzère – Mondragon	9450	800	8450	200
Caderousse	4700	2600	2100	-
Avignon	5050	1450	3600	-
Vallabrègues	7600	2800	4800	-
Arles	1600	300	1300	-
Suprafața totală în ha	42350	13470	27750	1130
		41220		

Terenurile protejate parțial au beneficiat de amenajări importante, care au condus la: reducerea frecvenței inundațiilor de la o dată pe an, la o dată la 10-15 ani; reducerea duratei inundației, prin asigurarea unor evacuări rapide; inundarea prin aval, mai puțin periculoasă decât submersiunea prin amonte, care antrenează stratul fertil de sol și depune nisip steril.

– Stabilizarea pânzelor freatice s-a făcut prin lucrări realizate concomitent cu amenajările hidroelectrice: contra-canale echipate cu foraje de decompresare, care îndeplinesc local oficiul de colectoare de asanare. Acestea permit să se mențină nivelul apelor freatice la cotele optime – cerute de agricultorii din zonă – evitând fluctuațiile naturale, legate de neregularitatea debitului și nivelului fluviului.

Menținerea pânzelor freatice la niveluri stabilizate permite: alimentarea subterană a unor culturi cu rădăcini adânci (ex. pomi fructiferi); ridicarea prin capilaritate a apei, în stratul de sol activ, în condițiile unor terenuri corespunzătoare acestui scop; prelevarea ușoară a apei pentru irigații cu ape subterane, îndeosebi pentru sistemele mici de irigații – locale. Peste 24.000 ha terenuri agricole situate aval de Lyon, de o parte și alta a Ronului, beneficiază de acest gen de ameliorări. Printr-o rețea deasă de instalații piezometrice, un adevărat carioaj piezometric, se ține sub permanent control nivelul apelor freatice (fig. 4.62).

După cum rezultă din cele de mai sus, planul de amenajare hidrotehnic complex al Ronului, pentru hidroenergie, navigație, irigații-asanări, a acordat totodată atenție ridicării la parametri tehnico-economici superiori, a întregului teritoriu și potențial agricol, industrial și centre populate.

Astfel, cu ocazia acestor amenajări s-au executat peste 200 km noi drumuri, de diverse dotări, pentru deservirea șantierelor și care ulterior au fost integrate în mediul public. De asemenea, s-au amenajat numeroase noi poduri și au fost modernizate altele.

Rețelele de drenaje și asanări au facilitat, în zonele urbane, canalizarea acestora, colectarea apelor uzate și crearea de noi stații de epurare (ex. la Lyon, Vienne, Condrieu, Saint-Vallier, Tain-l'Hermitage, Tournon, Avignon).

Cu ocazia regularizării Ronului și a unor afluenți s-au gazonat digurile, s-au plantat importante suprafețe în zona dig-mal, s-a creat un nou mediu, cu locuri de agrement, de promenadă.

În aceste condiții s-a stabilit un nou echilibru biologic, o protecție superioară a spațiului; s-a dezvoltat piscicultura; păsările migratoare și-au găsit refugiu ideal, animalele de apă dispărute înainte au reapărut etc.

Valorificarea complexă a amenajărilor de pe Ron ar fi condus, inevitabil, la apariția unor contradicții

între folosințele prioritare: hidroenergie, navigație, irigații-desecări și alte folosințe locale, dacă C.N.R. nu ar fi pus la punct organizarea unei exploatare automatizate a întregului complex și a fiecărui obiectiv în parte (fig. 4.63).

Structura automatizării include două niveluri: un nivel local, acela al uzinelor, care dirijează total automatizat și autonom planurile de apă, la nivelurile punctelor de reglaj și un nivel central, compus din două posturi de supraveghere hidraulică – P.S.H. – realizate în colaborare cu Departamentul Francez al Energiei – E.D.F.

Acestea au și rolul de a controla permanent comportamentul hidraulic al retențiilor și al afluenților (la viituri), precum și de a prevedea debitele și a le coordona cu programul ecluzelor energetice.

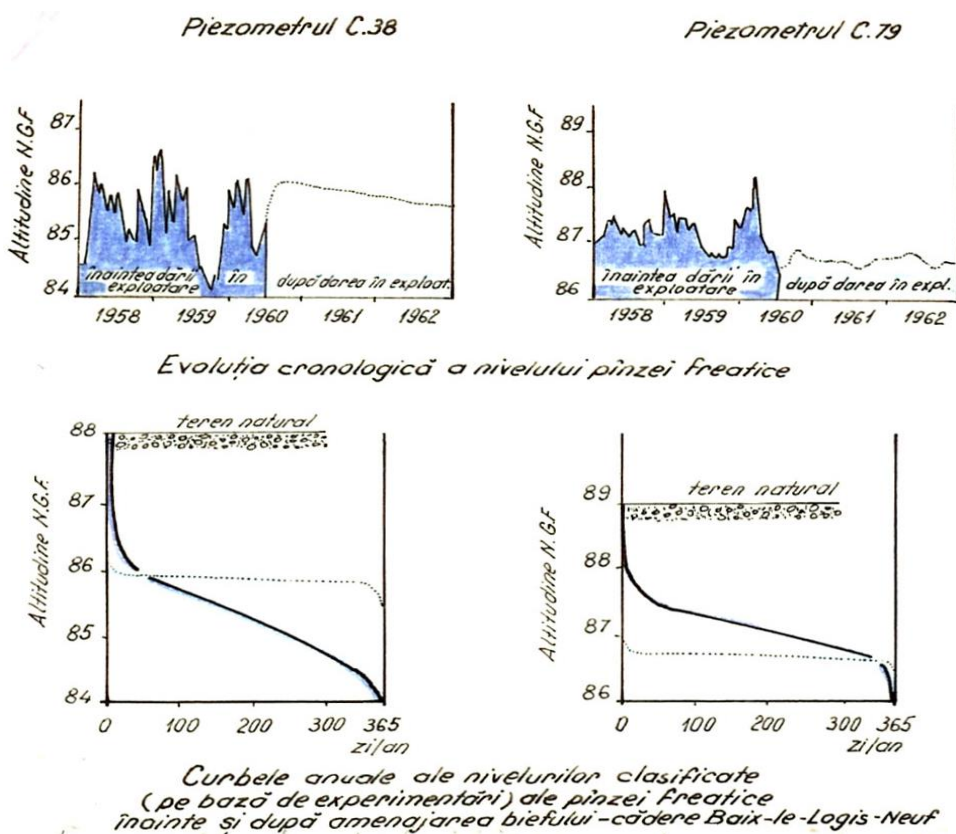


Fig. 4.62. Exemple de stabilizare a pânzei freatice după darea în exploatare a unei amenajări.

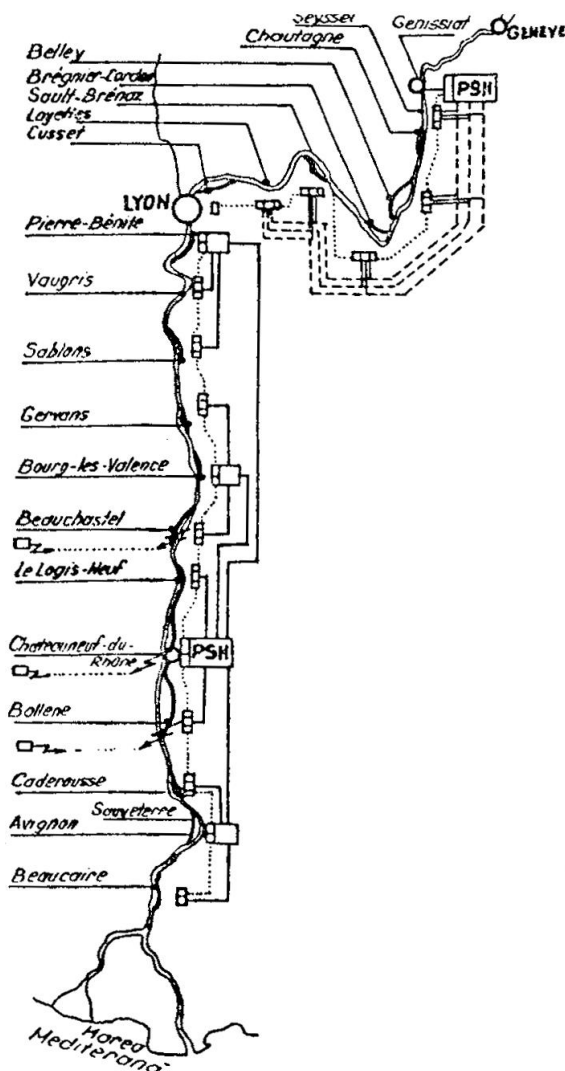


Fig. 4.63. Rețeaua de teletransmisie.

Tot schimbul de informații necesare se realizează prin teletransmisie (prin cablu sau prin radio) între P.S.H., uzine și posturi de cercetări hidrologice.

Singurul personal de exploatare de la amenajările din Valea Ronu-lui – agenții permanenți – se află în P.S.H.

În toate uzinele se află pus la punct un sistem de dirijare – conducere automatizată a tuturor echipamentelor (grupuri, vane), în vederea regularizării nivelurilor de apă și optimizării producției. Aceste sisteme total automatizate funcționează fără supravegherea agenților, neexistând personal în acest scop.

Sistemul de automatizare include:

- un nivel centralizat, organizat pe baza unui calculator industrial care efectuează operațiile necesare și emite comenzile în timp util;
- un nivel descentralizat, automatizat clasic pentru protecție și reglare;
- un nivel extern, constituit pentru diverse protecții de siguranță, independent de cele ale sistemului centralizat.

### 4.3. SOLUȚII TEHNOLOGICE PENTRU REALIZAREA UNOR OBIECTIVE HIDROTEHNICE CU UN GRAD RIDICAT DE DIFICULTATE

Pentru originalitatea lor, prezentăm câteva soluții tehnologice aplicate la realizarea unor obiective hidrotehnice din cadrul schemelor complexe prezentate anterior și anume:

– soluția de etanșare a depozitului aluvial și a barajului Notre Dame de Commiers de pe râul Drac-Isère, în scopul protejării biefului Saint-Vallier – Bourg les Valence de pe Ron, aval de Lyon;

– soluția de protecție a fundației construcțiilor centralizate din amenajările hidroelectrice Pierre-Bénite de pe Ron, care pe lângă energie, asigură și navigația și joncțiunea între Ron și Saône;

– soluția de oprire-barare a apelor sărate ale mării, pentru a nu pătrunde amonte, pe cursul de apă.

#### 4.3.1. ETANȘAREA BARAJULUI NOTRE-DAME DE COMMIIERS

În sectorul biefului Saint Vallier – Bourg les Valence, pentru protecție s-a amenajat pe râul Drac-Isère un baraj din pământ, înalt de 40 m și cu deschiderea de 325 m (la coronament).

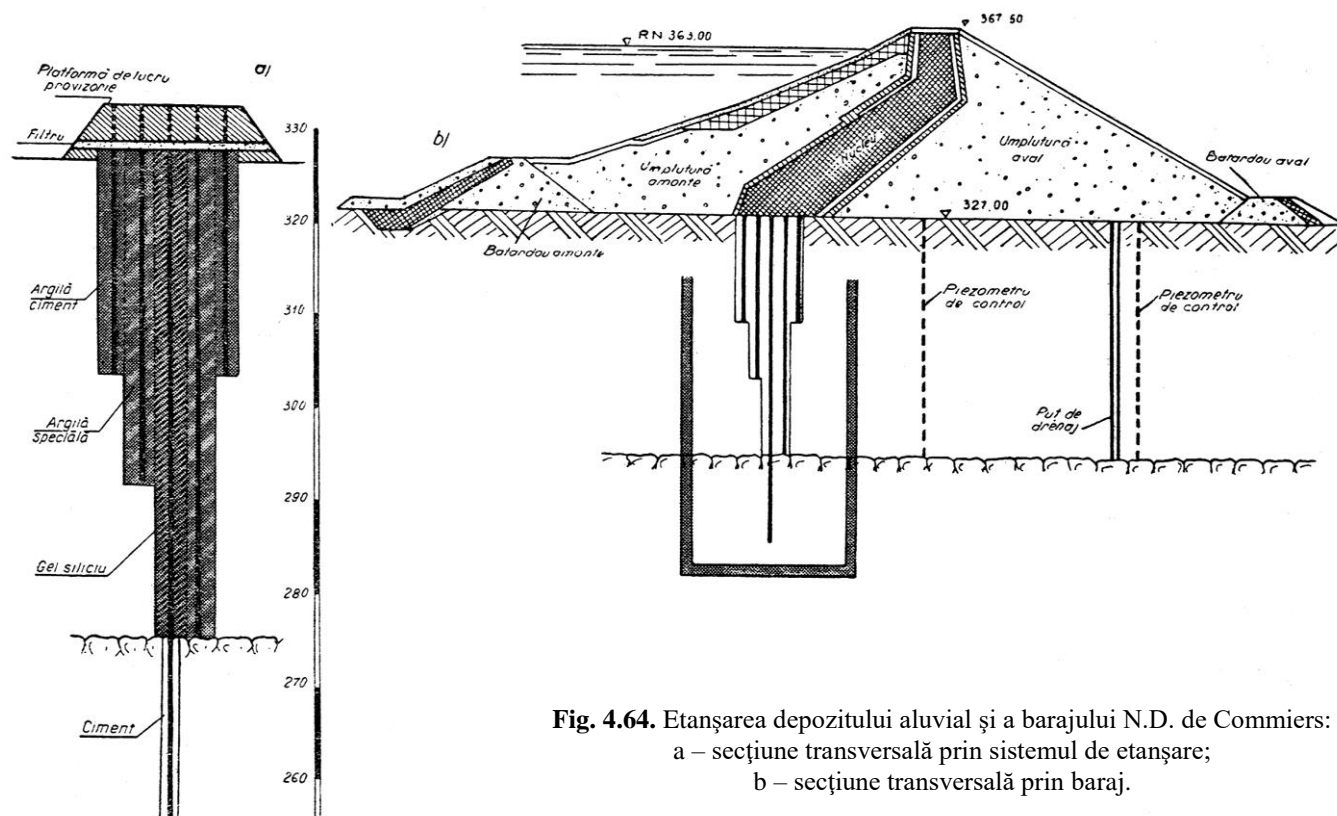
Amplasarea barajului s-a făcut într-o vale cu o deschidere largă în formă de V, pe un depozit de aluviuni, sub care se găsește roca de bază (șist negru marno-calcaros foarte lamelat, înclinat aproape vertical) la 50 m în punctul cel mai jos și la 20-25 m în partea dreaptă.

Depozitul aluvionar este format din pietriș (blocuri ce ating 40 cm) cu nisip, cu permeabilitate foarte mare ( $5 \cdot 10^{-2}$  m/s –  $3 \cdot 10^{-4}$  m/s).

Pentru înlăturarea scurgerilor subterane (pe sub baraj) și pentru protecția barajului, SOLETANCHE a fixat – în urma unor ample studii, analize, experimentări – soluția prin bararea totală a văii aluvionare printr-un ecran de injecții, pe care l-a racordat la nucleul de etanșare al barajului (fig. 4.64). Acest dispozitiv de etanșare a fost completat printr-un voal de injecție în roca de încastrare.

Ansamblul de etanșare al stratului permeabil din fundație s-a realizat sub forma unui ecran subțire obținut prin injecții în patul de aluviuni, prin 5 linii de foraje distanțate între ele la 3 m și perpendiculare pe axul văii.

Forajele liniei centrale sunt executate la o adâncime mai mare decât celelalte, pătrunzând în roca de bază cu 20 m.



**Fig. 4.64.** Etanșarea depozitului aluvial și a barajului N.D. de Commiers:  
a – secțiune transversală prin sistemul de etanșare;  
b – secțiune transversală prin baraj.

Lățimea ansamblului de etanșare la partea superioară (cota 327,00) este condiționată de lățimea nucleului de etanșare a barajului, cu care face corp comun.

Materialul de injecții a variat de la o soluție obișnuită pe bază de argilă și ciment (destinată să obțină spațiile cele mai mari) și până la o soluție înobilată (brevetată de SOLETANCHE), având la bază o argilă specială (defloculată și rigidizabilă) care constituie un veritabil gel. Aceasta este mai penetrabilă decât prima și, deci, susceptibilă de a obtura spațiile cele mai mici. În final, pentru obturare s-a aplicat un tratament de gel de siliciu, mult mai penetrabil, cu rolul de a obtura spațiile foarte fine rămase neînchise. În timpul tratamentului s-au efectuat controale riguroase, prin probe punctuale, ce au permis să se elaboreze un plan cartografic al permeabilității reziduale, pentru orientarea tratamentelor următoare.

Lucrările au fost efectuate începând cu o platformă de 6 m înălțime, care a avut rolul de a supraîncărca terenul supus tratării.

Încercările sub sarcina redusă de 5 m, după efectuarea lucrărilor de injecții, au indicat că permeabilitatea medie a aluviunilor s-a schimbat de la  $0,86 \cdot 10^{-2}$  m/s la  $2 \cdot 10^{-0}$  m/s. În plus, s-a constatat că după umplerea cu apă a acumulării, panta pânzei freatice din aval de baraj a fost inferioară pantei dinaintea lucrării.

Ansamblul de etanșare a fundației s-a completat prin voaluri de larg (ocolire). Acest ansamblu se întinde de la malul stâng la cel drept (fig. 4.65). Voaluri auxiliare racordează voalurile de margine și voalurile uvrajele anexe – evacuatorul de viituri, golirea de fund, derivația provizorie. Un tratament suplimentar s-a aplicat prin injecții de margine rocii din maluri, la contactul cu nucleul de argilă al barajului. Acesta a fost aplicat pe toată ampriza nucleului, prin foraje scurte implantate cu o mare densitate și injectate cu presiune variabilă.

Toate lucrările de injecție în rocă au fost făcute cu ciment curat diluat, sub presiune de 5-25 kg/cm<sup>2</sup>.

Ansamblul de etanșare a însumat următorul volum de lucrări:

- pentru depozitul aluvial:
  - suprafață: 7 200 m<sup>2</sup>
  - foraje: 12.380 m
- materiale injectate:
  - argilă ciment: 13.320 t
  - argilă specială: 6.260 t
  - gel de siliciu: 1.940 m<sup>3</sup>;
- injecții în rocă:
  - voaluri – suprafață: 9.000 m<sup>2</sup>
  - foraje: 10.000 m
  - ciment injectat: 3.310 t;
- tratament în maluri:
  - foraje: 4.100 m
  - ciment injectat: 50 t

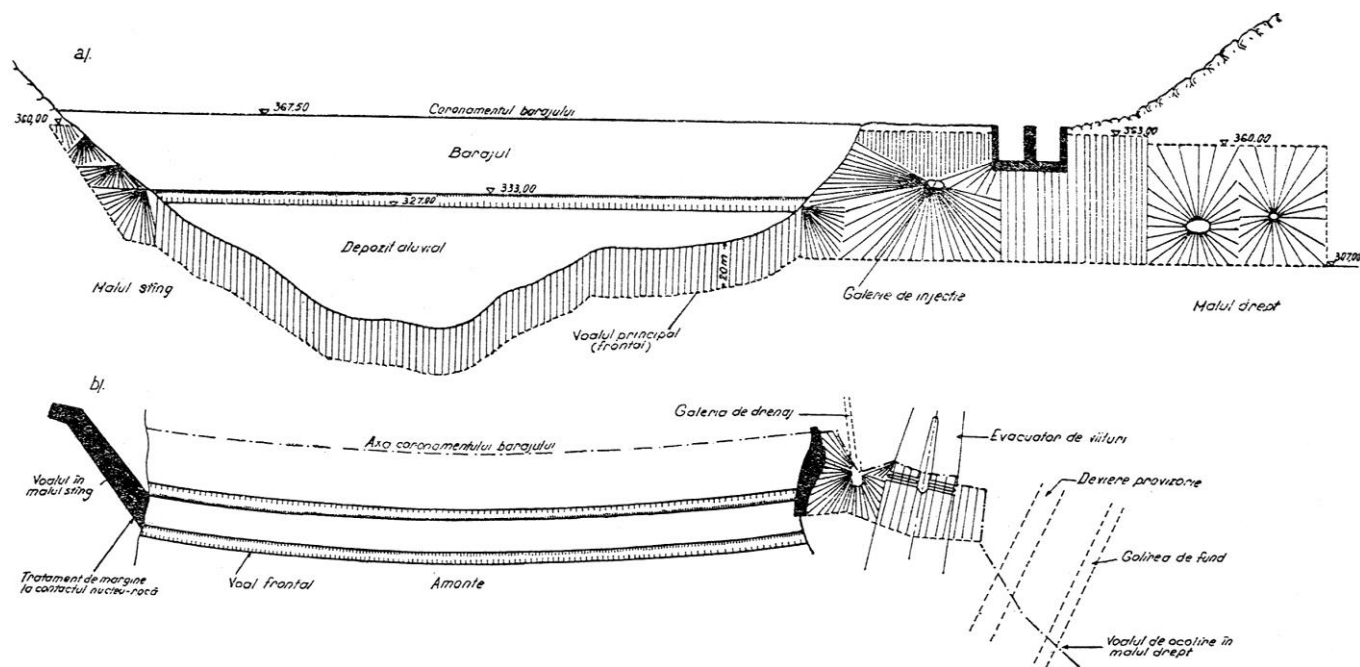


Fig. 4.65. Profilul longitudinal desfășurat prin voalul de etanșare în rocă (a) și tratamentul de margine (b)

#### 4.3.2. PROTECȚIA FUNDAȚIEI CONȘTRUCȚIILOR CENTRALIZATE DIN AMENAJAREA HIDROELECTRICĂ PIERRE-BÉNITE, RON (BIEFUL I AVAL LYON)

Această amenajare, centralizând grupele de construcții și echipamente ce contribuie la asigurarea energiei, navigației și joncțiunii Ronului cu râul Saône (fig. 4.66), a reclamat un studiu și o tehnologie deosebită.

Construcțiile principale – uzina, descărcătorul, ecluza – sunt implantate pe malul drept al Ronului. Amplasamentul ales, condiționat de regimul de exploatare biefat (în scop H.E. și de navigație), prezintă în subsol un depozit gros de aluviuni (18-20 m) alimentat freatic din fluviu. Permeabilitatea stratului acvifer, foarte eterogen, este mare (de ordinul  $6 \cdot 10^{-3}$  până la  $10^{-2}$  m/s), și în special pe direcție orizontală, datorită structurii lamelare.

Depozitul aluvionar acoperă substratul cu permeabilitate redusă (variind între  $5 \cdot 10^{-6}$  și  $10^{-6}$  m/s), format din nisipuri foarte compacte, conținând fragmente de gresii foarte dure și lentile din conglomerate greso-argiloase (substratum mollassique) – fig. 4.67.

Plafonul superior al acestui substrat cu permeabilitate mică este practic orizontal, cu excepția zonei pe care s-a amplasat ecluza, unde se evidențiază prezența unei depresiuni glaciare, cu adâncime de peste 20 m, umplută cu aluviuni argiloase și marnoase puțin permeabile ( $K = 5 \cdot 10^{-5}$  m/s).

În acest profil litologic sunt figurate și amplasa-

mente ecluzei-uzinei și descărcătorului, cu măsurile de protecție: batardouri, pereți mulați și ecran de margine. În fig. 4.68 se vede schematic organizarea incintei de fundație.

Lucrările de protecție contra apelor subterane și a prăbușirii taluzurilor se înscriu în amplasamentul incintei, care traversează stratul gros aluvionar ce atinge circa 30 m în punctele cele mai joase.

**Protecția incintei fundațiilor.** Suprafața afectată de incinta fundațiilor se ridică la 12 ha, cu un perimetru de 1.400 m, protejat prin centuri de batardouri, încastate în formații foarte permeabile. Soluția batardourilor din palplanșe s-a dovedit irealizabilă, stratul aluvionar (fragmente de roci, substratul mai mult sau mai puțin gresieficat) fiind de nepătruns la baterea palplanșelor, prin reculul ce-l transmite.

Această situație a condus la adoptarea soluției de protecție prin pereți mulați în teren. Avantajul procedurii constă în faptul că se poate adapta oricărui teren, permițând realizarea, prin betonul plastic folosit, a unui ecran suficient de suplu pentru a prelua fără a se fisura, împingerile la care ar fi supus la executarea excavațiilor.

Adâncimea de încăstrare a pereților în substratul nisipos-fosil îngropat (mollassique) este relativ mică (3-4 m). Această adâncime a rezultat din calculul bazat pe ipoteza că nisipurile (mollassiques) susceptibile a fi antrenate de către apă vor fi oprite în aluviunile de deasupra, ce pot juca rol de filtru.

În zona mai adâncă, ocupată de fosta depresiune glaciară, umplută cu aluviuni fine, încăstrarea pereților mulați este mult mai mare, atingând 10 și chiar 14 m.

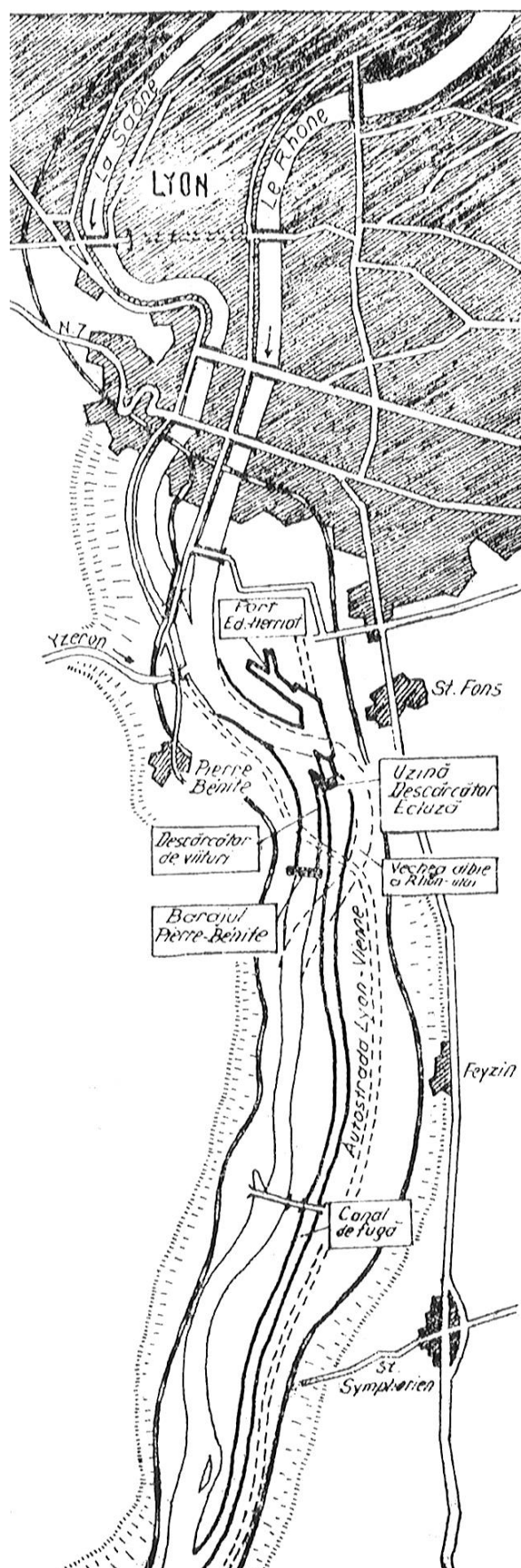


Fig. 4.66. Amplasarea amenajării Pierre-Bénite și măsurile de protecție.

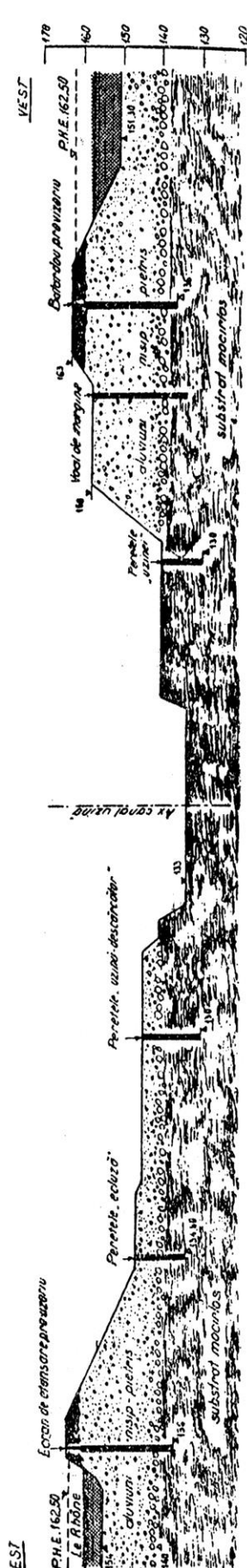


Fig. 4.67. Profil transversal litologic prin Ron (pe axul longitudinal al uzinei H.E.).

Uzina H.E. (fig. 4.69) este fundată în substratul fosil îngropat, la 3 m sub contactul acestuia cu depozitul aluvionar. Ca măsură de siguranță față de permeabilitatea acestui subsol, care a introdus temeri în privința deburării nisipului la nivelul fundației și deci asupra stabilității lucrării, s-a prevăzut amonte, ca element de protecție la 9-10 m adâncime, un ecran betonat și chiar armat în zonele supuse la împingeri mai importante.

Ecluza (fig. 4.70) este fundată la adâncime mai mică, la 3 m, în substratul fosil îngropat. Soluția protecției contra circulației apei subterane (foarte mare în stratul aluvionar) a constat într-un ecran amplasat sub formă de centură (în jurul ecluzei), încastrat etanș la adâncimi de 4-5 și chiar până la 6 m în substratul fosil îngropat. Elementele de protecție, ca și la uzină, s-au construit de tipul pereților mulați în teren.

#### 4.3.3. BARAREA (OPRIREA) APELOR SĂRATE ALE MĂRII DE A PĂTRUNDE AMONTE PE CURSUL DE APĂ. BARAJUL-ECLUZĂ ARZOL DE PE MICUL FLUVIU VILAINE

Estuarele și gurile de vărsare (zone în care cursurile de apă fac joncțiunea cu marea) sunt sediul unor fenomene complexe, care antrenează acțiunea mării – curenți, maree, hule, transport de sedimente, salinitate – asupra aportului solid și lichid al râurilor. Chiar în cazurile în care gura (descărcarea) nu are altă funcție decât de a lega laguna litorală de mare, fenomenele ce iau naștere sunt totuși complexe, antrenând dificultăți considerabile pentru navigație, prin reducerea adâncimii și a stabilității șenalului.



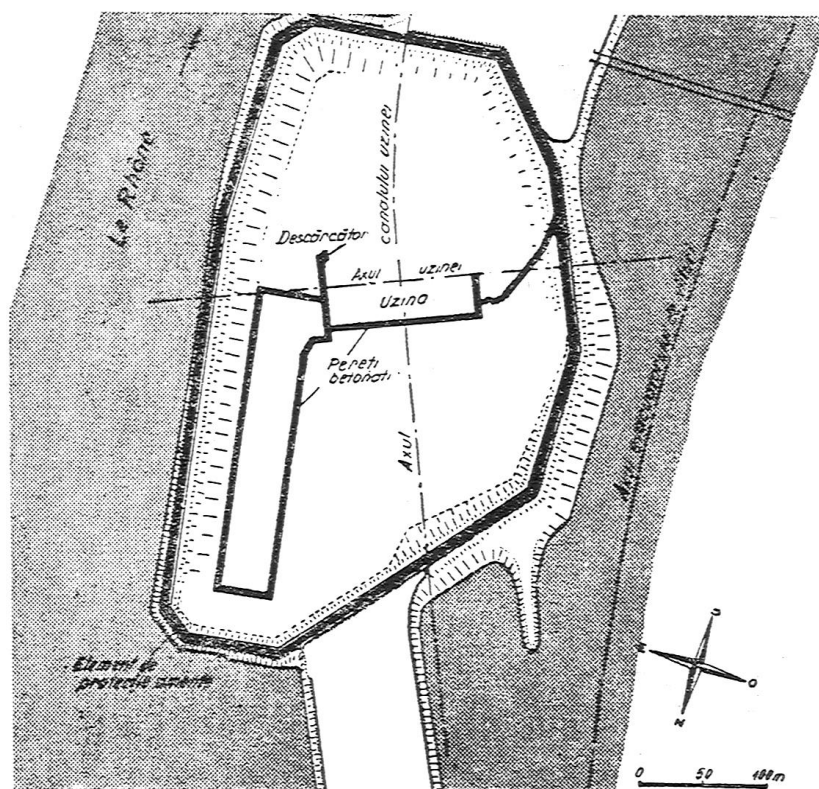


Fig. 4.68. Planul incintei fundației: ecluză-uzină și descărcător.

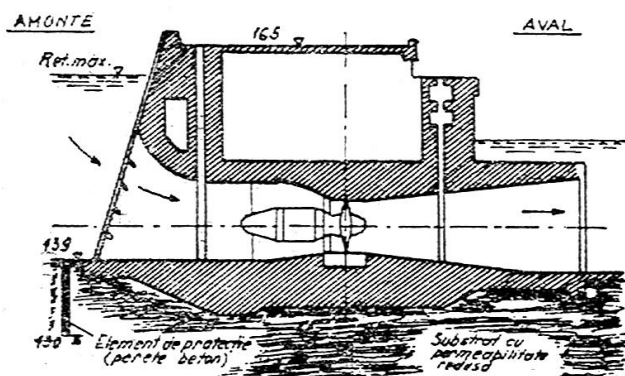


Fig. 4.69. Uzina H.E.

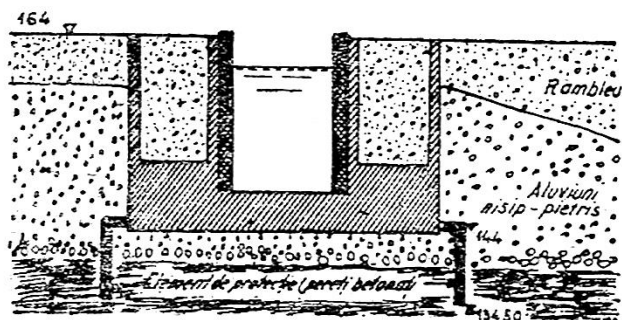


Fig. 4.70. Ecluza.

Adesea au loc și inundații în zone litorale, împiedicând curgerea viiturilor. Stăpânirea acestor fenomene impune buna cunoaștere a lor și a mecanismelor ce le produc. Studiile pe modele reduse fizice și modele

matematice sunt în prezent mijloacele cele mai sigure în fixarea soluțiilor de amenajare.

În tehnica mondială s-au dat diverse soluționări amenajării estuarelor și gurilor de vărsare.

Tehnica franceză a rezolvat interesant problema amenajării estuarelor Fl. Senna și Vilaine.

În cele ce urmează, se vor prezenta soluțiile adoptate la amenajarea estuarului Vilaine, soluții definitivite pe baza unor studii pe modele reduse.

Râul Vilaine drenează pe 225 km apa colectată dintr-un teritoriu de 14.000 km<sup>2</sup> și o descarcă la Redon printr-un estuar lung de 50 km, prin care de două ori pe zi urcă valurile de apă sărată ale mareelor, al căror volum atinge 35 milioane m<sup>3</sup> (fiecare maree).

Pătrunderea acestui volum considerabil de apă în amontele râului Vilaine este cauza unor inundații de mare amploare (nivelul fluviului oscilează cu mareele între cota -3 și +3,60, iar cota terenurilor limitrofe oscilează între 2,20 și 2,50 m), care au

condus chiar la declinul portului Redon.

În urma marilor inundații din 1936 și 1960, s-a hotărât remedierea acestei situații prin amenajarea complexă a estuarului, cu ajutorul digurilor, ecluzelor, vanelor, a unui baraj, a dirijării parțiale a curentului, a amenajării afluenților ș.a.

Acestea au fost completate prin sistematizarea și drenarea teritoriilor adiacente, crearea unei uzine pentru tratarea apelor dulci reținute de baraj. Proiectul a fost demarat după marile inundații din 1960, când cartierele joase ale portului Redon au fost devastate. Execuția s-a realizat în perioada 1961- 1972; viiturile mari din iarna 1970-1971 au fost anihilate, iar procentul de salinizare al apei a fost redus considerabil, de la 33 g/l la sub 60 mg/l.

Rezultatele amenajării sunt:

- 10.000 ha scoase din starea de înmlăștinire și redade culturilor agricole irigate;
- orașul Redon este protejat de inundații, iar portul începe să renască;
- navigația de agrement este în plină dezvoltare;
- înflorirea economică a întregii zone.

Amenajările au început prin construirea barajului Arzol de pe Vilaine (fig. 4.71), cu scopul de a opri valurile agresive ale mareelor să urce pe estuar (amplitudinea acestora fiind între -3 și +3,60 m), concomitent cu bararea pătrunderii apelor sărate lagunare în amonte pe râu - canal navigabil.



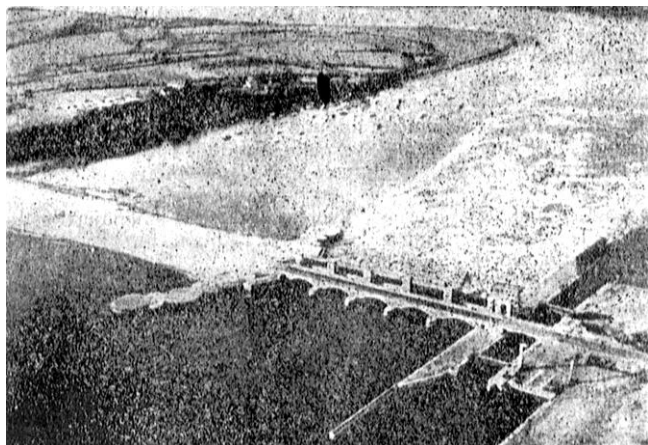


Fig. 4.71. Barajul Arzol de pe Vilaine.

Paralel cu realizarea barajului s-au realizat: restructurizarea teritoriului; asanarea și drenarea terenurilor riverane mlăștinoase; uzina de tratare a apelor dulci stocate în spatele barajului, în scop potabil – igienico-sanitar.

Studii și încercări pe modele reduse au fost întreprinse pentru amenajarea cursurilor afluenților Oust, Isac, Don; pentru derivarea râului Vilaine pe o buclă imediat aval de Redon; pentru amenajarea portului Redon, în vederea reluării vechiului trafic, cu accesul vaselor de până la 1.500 tone. Această cerință a condus la construirea unei ecluze în barajul Arzol.

În construcția barajului au fost diferențiate cele două părți:

- partea activă, prin care se asigură stăpânirea apelor, cu ajutorul vanelor, care facilitează curgerea apelor mari și
- partea pasivă, digul, care asigură închiderea restului albiei fluviului.

Debitul maxim reținut pentru această lucrare a fost de  $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$  și cota nivelului amonte a apei a fost fixată la 2 m.

Locul de amplasare a barajului Arzol a fost ales într-o buclă a râului, spre sud, la 8 km amonte de vărsare.

Malul nord (drept), convex, coboară în pantă lină spre fluviu, în timp ce malul sud (stâng) prezintă o faleză șistoasă abruptă, care coboară cu 40 m sub patul râului și care este umplută cu sedimente – mâl până la cota -8. Nivelul fluviului oscilează cu mareele între cotele -3 și +3,60 m, iar viteza apei atinge 3-4 m/s.

Soluția și realizarea barajului s-au dovedit extrem de dificile, chiar din etapa studiilor și încercărilor de laborator, datorită – pe lângă complexitatea problemei – și prezenței depozitului mîlos pe care nu s-a putut funda o lucrare rigidă, în condițiile unor viteze mari ale curentului mării, care urcă de două ori pe zi pe fluviu, periclitând lucrările din albie.

Prima măsură tehnologică a fost realizarea ba-

tardoului pentru incinta de la malul drept, în care s-a construit ansamblul vane și ecluze de navigație (fig. 4.72).

Incinta de lucru ( $l = 250 \text{ m}$ ) s-a realizat prin două diguri perpendiculare pe mal (cu lungimi de câte 300 m), închise în albie printr-un parapet format din 6 gabioane circulare (cu diametru de câte 20 m).

După închiderea și desecarea incintei s-au amenajat cele 5 deschideri echipate cu vane ( $b = 20 \text{ m}$  și  $h = 12 \text{ m}$ ), precum și ecluze de navigație.

După terminarea lucrărilor din incintă au fost îndepărtate cele două diguri (amonte și aval), lăsând apele fluviului să curgă pe noua cale, iar restul albiei a fost barat.

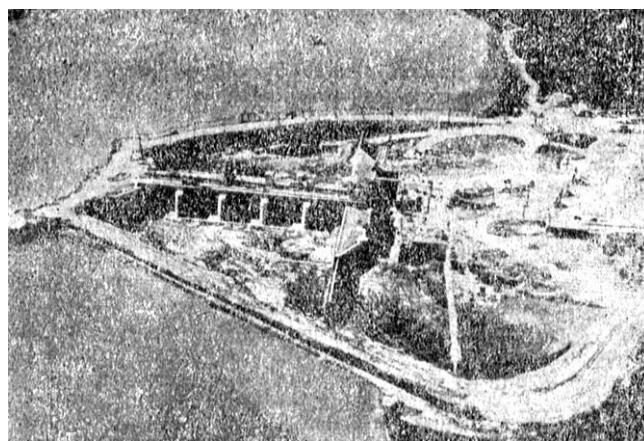


Fig. 4.72. Barajul Arzol în construcție – etapa I.

Partea rămasă de executat a fost cea mai dificilă, fiind de lucrat până la presiunea de  $35 \text{ t/m}^2$  în mâl, care nu putea suporta inițial mai mult de  $300 \text{ kg/m}^2$ . O problemă dificilă de acest gen mai fusese tratată cu patru ani înainte de americani, pe un mic râu, Utah, însă în cazul acestui baraj (Arzol) apăreau în plus complicațiile date de maree, cu 6 m variație a coloanei de apă, de două ori pe zi.

Mâlul din fundație a fost mai întâi drenat printr-o serie de puțuri umplute cu nisip. Deasupra acestor puțuri s-a așternut o saltea de nisip groasă de 1 m, care asigura colectarea apei drenate (prin puțuri). Peste acest ansamblu s-a derulat un covor metalic de  $41.000 \text{ m}^2$ , pentru a împiedica străpungerea (pătrunderea) nisipului în anrocamentele din care se construia (în ultima etapă) corpul barajului.

În octombrie 1968 (deci după 3 ani de la începerea lucrării) s-a început construirea corpului barajului cu anrocamente, transportate și puse în operă, folosind mai întâi șlepurile, apoi camioanele, pornindu-se de la ambele maluri.

O dată cu închiderea vanelor (noiembrie 1970), curgerea apei în ambele sensuri a intrat în regimul scontat, rezultatele dovedindu-se cele obținute la studiul pe modele, atât în ceea ce privește procesul de

desalinizare, cât și modul de exploatare-funcționare.

Amonte de baraj, apa fiind limpede și nesalinizată a permis utilizarea ei pentru alimentarea cu apă potabilă. În acest scop, pe malul sud (stâng), pe teritoriul comunei Ferel, s-a amenajat o stație de tratare a apelor, cu o capacitate de 90.000 m<sup>3</sup>.

În complexul de amenajare a estuarului au fost incluse și obiectivele hidroameliorative, de sistematizare a teritoriilor riverane, precum și de navigație – comercială și de agrement. Au fost apărate de inundații și drenate 10.000 ha teren mlăștinos din perimetrul Redon.

#### 4.3.4. SOLUȚIA PRIZEI DE APĂ ÎN CURENT LIBER DE PE FLUVIUL RON ÎN PERIMETRUL BIEFULUI VALLABRÉQUE-D'ARLES

Pentru stabilirea soluției prizei de apă a canalului de aducțiune al Sistemului de irigație Ron-Montpellier (în suprafață de 130.000 ha), care reprezintă zona de est a Complexului Bas Rhône – Languedoc ( $ST = 250.000$  ha), s-au întreprins studii pe modele reduse și la scară naturală. Priza a fost amplasată pe malul drept al Ronului, la câțiva kilometri amonte d'Arles. Captarea debitului de 75 m<sup>3</sup>/s se face în curent liber, la cota nivelului minim, cuprins între cota 0,00 și 1,00.

De la centrul de priză, apa este condusă gravitațional, printr-un canal deschis pe o lungime de 12 km până la stația de bază Aristide-Dumont.

Soluția centrului de priză ca și aceea a aducțiunii și distribuției apei pentru întreg perimetrul de 250.000 ha (respectiv 130.000 ha), teren viticol, a ridicat probleme deosebit de dificile, care nu și-au găsit rezolvare decât atunci când s-a regularizat și amenajat în scop de

navigație Ronul, respectiv ultimul palier din care s-a făcut captarea Vallabréque-d'Arles.

Primele încercări de captare se situează în secolul XVIII și se continuă sub diverse variante în 1847 (ing. Dumont), 1874 (ing. Dombre și Tablinowcki), 1879 (când proiectul a fost acceptat ca util, dar nerealizabil din punct de vedere al costului), 1883 (ing. Léger – al cărui proiect a fost mult apropiat de cel realizat începând cu 1962), 1909 (ing. Carrier și Tavernier), 1914 și până în 1951-1953, când s-a emis un decret, prin care Direcția Generală de Geniu Rural și Hidraulică Agricolă a primit sarcina realizării acestui mare obiectiv.

Simpla enumerare a încercărilor și soluțiilor date din sec. XVIII și până în 1962, când a început să se execute amenajarea, arată, printre altele, și gradul ridicat de dificultăți tehnice, condiționate de captarea în curent liber dintr-un mare curs de apă, cu variații considerabile de debit (lichid și solid) și de niveluri; la acestea se adaugă și instabilitatea albiei.

Prin regularizarea Ronului s-au creat condiții de captare corespunzătoare în curent liber. Soluția adoptată are la bază studiile pe modele reduse și la scară naturală.

Aceasta constă din amenajarea unui bazin decantor chiar în albia majoră a Ronului, între albia minoră și uvrajele de priză, reglare și control, intercalându-se un dig longitudinal, în albie, cu rol de protecție a întregii prize. Modelul redus a fost de tip „cu fund mobil” și a inclus atât probleme legate de amplasament, cât și pe cele legate de gurile de acces și echipamentele acestora. Un rol deosebit s-a acordat în studiu și aspectelor legate de evitarea pătrunderii materialului aluvionar, cât și de asigurarea debitului necesar la niveluri minime pe cursul de apă.

# AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN CHINA

## 5.1. ASPECTE GENERALE ALE CADRULUI NATURAL ȘI ECONOMIC

China are o suprafață de 9.596.961 km<sup>2</sup>, cu o mare varietate de forme de relief și tipuri de climă (fig. 5.1). Linia înălțimilor Da Hinganling (Munții Marelui Hingan, la nord), prelungită spre sud prin Podișul de loess și munții Qinling, împarte teritoriul în două mari părți: China de est, fragmentată, cu relief colinar și de câmpie; China de vest, cu lanțuri muntoase, vaste podișuri de mii de km lungime și cu vaste sectoare semideșertice.

Cele mai reprezentative și mari complexe hidrotehnice sunt în China de est, care cuprinde următoarele mari zone:

- Câmpia de N-E, care este un bazin sedimentar fertil, drenat de fluviile Liaohe și Sungari și înconjurat de munții Marele Hingan (altitudine max. 2.049 m) și Xiao Hinganling – (Micul Hingan);

- Marea Câmpie a Chinei de nord (altitudine sub 50 m), acoperită de loess – principala zonă agricolă a țării – este străbătută de fluviile Huang He (Fluviul Galben) și Huai He, care provoacă adesea inundații catastrofale. Câmpia este întreruptă de lanțurile muntoase Shandong (altitudine max. 1.545 m) și Huai (altitudine max. 1.860 m);

- Podișul de loess, drenat de cursul mijlociu al fluviului Huang He, este caracterizat prin platouri netede (Shaanxi), traversate de văi cu deschideri de zeci de metri, tăiate în straturile orizontale de loess (grosimea maximă depășind 600 m);

- China centrală, situată la sud de Munții Qinling (altitudine peste 3.500 m), este o zonă cu un relief fragmentat, cu munți înalți (Da Xue Shan – Alpii Sichuan, altitudine max. 7.590 m), cu podișuri (Yunnan – Guizhon) și depresiuni drenate de fluviul Chang Jiang-Yangzi (Fluviul Albastru);

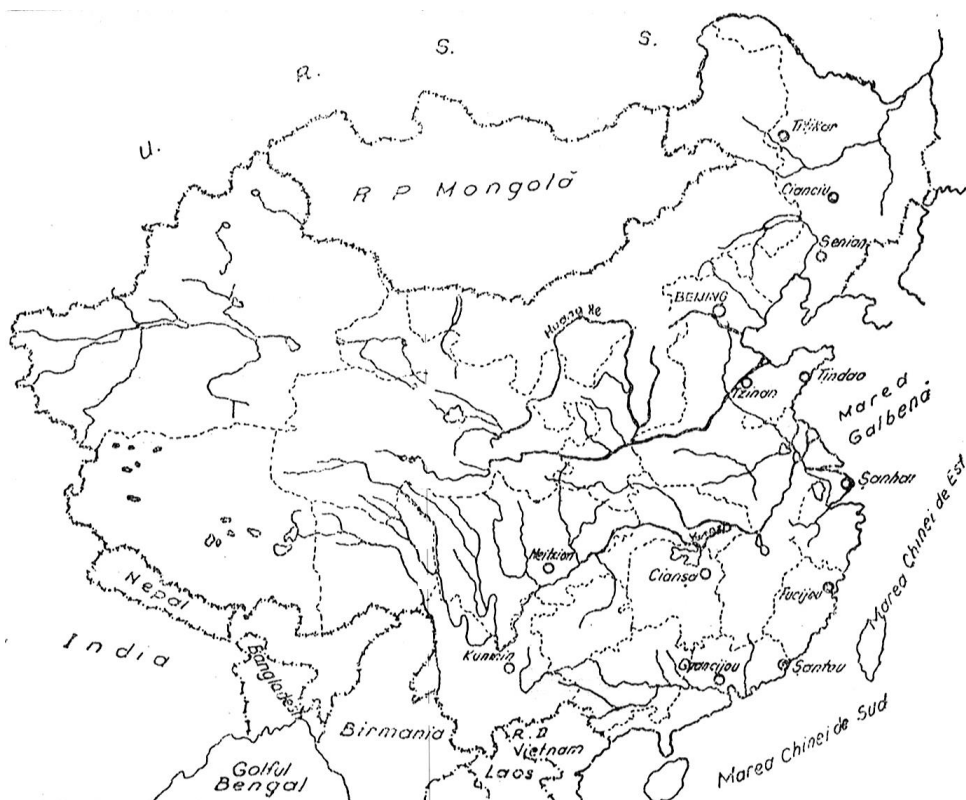


Fig. 5.1. China – harta fizică.

- China de sud este o regiune muntoasă, traversată de râuri scurte, cu excepția fluviului Sitziang – Xi-jiang (navigabil pe 320 km), care prezintă o vale largă intens populată.

China de vest cuprinde regiuni înalte – muntoase (ex. Tibetul, semideșert pietros, cu lacuri sărate și altitudini medii de 5.000 m, dominat spre sud de munții Himalaia), depresiuni (ex. Tsaidam, Qinghai, cu altitudine medie de 2.700-3.200 m), podișuri semideșertice (altitudine 300-800 m), munți fragmentați de văi longitudinale (unele cu fundul sub nivelul mării, ca Turfan – 300 m) etc.

Clima Chinei prezintă mari diferențieri între zonele de est și cele de vest, ca și în interiorul acestora.

În China de est, munții Qinling-Huai separă două zone climatice:

- clima temperată musonică din nord, cu ierni reci (−5°C la Beijing în ianuarie și −30°C la Harbin) și veri calde (+25°C la Beijing, în iulie și +20°C la Harbin), cu precipitații moderate (750-1.000 mm/an în N-E, 250-750 mm/an în restul zonei), favorabilă culturilor de grâu, gaolean, secară, sfeclă de zahăr, în;

– clima tropical-musonică, la sudul munților Qinling, cu ierni calde ( $+14^{\circ}\text{C}$  la Guangzhou, în ianuarie, și  $+10^{\circ}\text{C}$  la Sanhai) cu veri umede (1.619 mm/an la Guangzhou); un climat subtropical „de primăvară veșnică”, se întâlnește în depresiunile din cursul mijlociu al fluviului Yangzi.

China de est, în zona apropiată litoralului, este bântuită frecvent de taifunuri.

În China de vest, clima este excesiv continentală, datorită mării depărtări de ocean. Amplitudinile termice sunt accentuate ( $-7^{\circ}\text{C}$  la Turfan, în ianuarie, și  $+33^{\circ}\text{C}$  în iulie).

Precipitațiile maxime se înregistrează în Himaia (până la 1.500 mm/an), în timp ce în Takla Makan abia ajung la 50 mm/an. În Mongolia interioară înregistrează 500 mm/an, iar în Kashgaria nu depășesc 100 mm/an.

Rețeaua hidrografică a Chinei cuprinde peste 1.600 de fluvii și râuri mari și mijlocii, cu răspândire neuniformă: densitate mare și debite abundente în E și S-SE și densitate mică, cu regim intermitent, în vest.

În estul și sudul țării, cele mai mari fluvii sunt: Heilong Jiang – Amur (NE), Huang He (4.845 km), Yangzi – cel mai lung fluviu chinez (6.000 km), Xijiang (1.800 km), Yalungzangbo – Brahmaputra, Sutlej, Indus, Lancangjiang – Mekong, Nujiang – Salween, Lukiang-Menam. Cu excepția celor din E-SE, restul cursurilor de apă se varsă în afara hotarelor țării.

În vestul țării, vastele zone endoreice sunt drenate de râuri cu regim intermitent (Tarim, Iarkand, Ili) și sunt presărate de lacuri sărate, cu suprafețe variabile (ex. L. Lobnor, Kukunor ș.a.).

Potențialul energetic al apelor Chinei este evaluat la 580.000 MW, peste 2/3 revenind bazinului fluviului Yangzi și râurilor din NE.

## 5.2. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN CHINA

Amenajările hidrotehnice în China se bucură de o tradiție milenară. Concepția amenajării hidrotehnice complexe are la bază cerința de a asigura unui teritoriu dat – (comună, județ) – baza materială și tehnico-organizatorică pentru autogospodărire în scop de autoaprovizionare.

Toate amenajările hidrotehnice teritorial-administrative se încadrează în planurile de amenajare a bazinelor hidrografice, întocmite cu mare flexibilitate în privința tranzitărilor interbazinale.

Asigurarea rezervelor de apă necesară unui teritoriu se realizează prin acumulări multianuale, anuale și sezoniere, ce străjuiesc perimetrul administrativ teritorial, prin amplasarea acestora pe cote dominante (cu

alimentare din bazinul versant propriu, ca și prin suplimentări interbazinale), sau care sunt răspândite în întreg teritoriul (ex. județul Hui din Provincia Henan).

Din aceste acumulări pornesc canale de aducțiune zonale, gravitaționale, ce asigură apa pentru toate folosințele (agroindustriale și gospodărești), concomitent cu producerea energiei electrice, cu asigurarea navigației interioare într-o serie de cazuri, precum și cu rezolvarea problemelor de apărare și protecție contra inundațiilor, colmatării, eroziunilor și poluării.

Din studiul de inventariere a potențialului teoretic al tuturor cursurilor de apă din China (1977-1980) sunt de reținut următoarele (D. Spiridon, 1982):

– cele aproximativ 1.600 cursuri mari de apă, cu o lungime totală de 227.000 km și ale căror bazine cuprind peste 70% din teritoriul Chinei, au un stoc anual mediu de  $2.620 \text{ km}^3$  apă;

– potențialul teoretic al cursurilor de apă este de circa 580 milioane kW (fig. 5.2), cu o producție anuală de energie electrică de 6.000 TWh;

– potențialul tehnic amenajabil al Chinei reprezintă 13,6% din potențialul mondial (de circa 2.200 milioane kW), cu o producție medie de circa 1.900 TWh/an, adică 19% din valoarea mondială (de circa 10.000 TWh/an).

Potențialul foarte mare hidroenergetic al Chinei se datorește căderilor concentrate ale cursurilor de apă din zonele cu relief accidentat din vestul și sudul țării și debitelor mari ale cursurilor de apă.



Fig. 5.2. Repartizarea pe diferite regiuni a potențialului teoretic de circa 580.000 MW (după un studiu mai vechi)

Tabelul 5.1 înscrie repartizarea potențialului hidroenergetic (teoretic, tehnic amenajabil și amenajat), pe diferitele regiuni ale Chinei.

În ordinea potențialului, cursurile mari de apă se clasifică (% din potențialul total al Chinei): Yangtzi – 37%; Yalungzangbo (Brahmaputra) – 18%; Nu – 11%; Huang He (Fluviul Galben) – 6%; Lancang – 5%; Zhu – 5%; Heilong – 2% etc.

**Tabel 5.1.** Repartiția potențialului hidroenergetic

Denumirea regiunii	Potențial teoretic <sup>1</sup>			Potențial tehnic amenajabil		Potențial amenajat <sup>2</sup>	
	Putere medie MW	Producția de energie GWh/an	%	Putere instalată MW	Producție energie GWh/an	Putere instalată MW	Producția anuală GWh/an
China de sud-vest	415.150	3.630.714	71,12	232.340	1.305.040	2.874	9.686
China de nord-vest	65.710	515.620	11,26	41.940	190.490	2.807	10.298
China centrală și de sud	50.840	445.358	8,10	67.440	297.360	5.172	15.665
China de est (inclusiv Taiwan)	24.120	211.291	4,13	17.900	68.790	2.945	4.998
China de nord	10.450	91.542	1,79	6.920	23.230	542	1315
China de nord-est	17.500	153.300	3,00	11.990	38.390	1.676	4.710
Total	583.770	5.113.825	100,00	378.530	1.923.300	16.016	46.672

<sup>1</sup> Valori determinate în studiu 1977-1980<sup>2</sup> Potențial care nu cuprinde C.H.E. cu puteri instalate mai mici de 500 kW.

După cum rezultă, fluviul Yangtzi posedă 2/5 din potențialul țării, Yalungzanho – 1/5, iar râurile marginale de vest care curg spre sud – 2/5.

La sfârșitul anului 1980, potențialul hidroenergetic amenajat al Chinei totaliza  $P_i = 20$  milioane kW, din care 13 milioane kW în cele 113 centrale mari și medii și circa 7 milioane kW (35%) în cele 90.000 C.H.E. de mică putere. Producția acestor centrale de circa 56 miliarde kWh/an reprezintă circa 3,5% din cea mondială (în 1981).

Peste 2/3 din puterea instalată în cele 113 centrale hidroelectrice este concentrată în 20 de C.H.E. (18%) în exploatare, care au puteri de peste 250 MW (tabel 5.2).

În prezent sunt în construcție alte 11 C.H.E. fiecare cu o putere instalată de peste 250 MW, care totalizează 9,4 milioane kW.

Până în anul 2000 s-au realizat în China 10 sisteme hidroenergetice mari, cu o putere instalată de 170 milioane kW și o producție medie de 840 TWh/an (fig. 5.3.).

În tabelul 5.3 se prezintă principalele cascade de centrale din sud-estul Chinei, zona cea mai bogată în resurse hidroenergetice (cu  $P_i \approx 100$  milioane kW și o producție de circa 536 TWh/an).

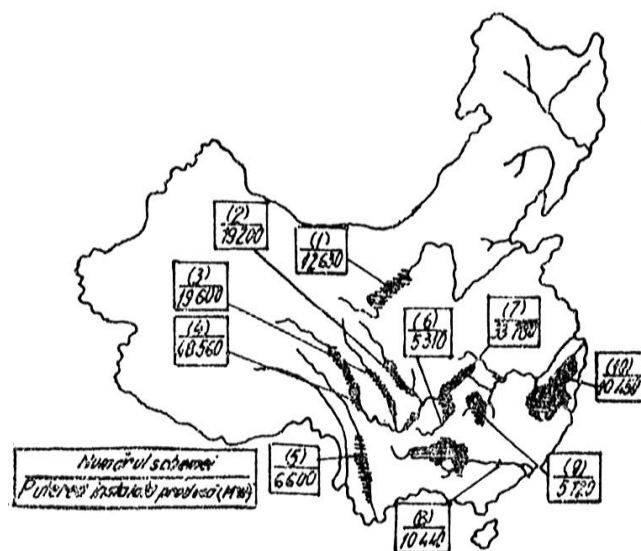
Amenajarea potențialului hidroelectric în China, are la bază concepția promovării simultane de mari sisteme hidroenergetice, în paralel cu C.H.E. de mică putere, în scopul acoperirii întregului teritoriu al țării într-un sistem energetic.

Se apreciază că, exprimat în putere instalată, aproximativ 1/5 din potențialul tehnic amenajabil al Chinei (deci 70 milioane kW) se realizează în centrale hidroelectrice mici, repartizate în peste 10 provincii meridionale.

O extindere deosebită a centralelor hidroelec-

trice mici (minicentrale, cu  $P_i = 100-1.000$  kW sau microcentrale, cu  $P_i < 100$  kW) s-a înregistrat în China începând cu anul 1950, ca urmare a cooperativizării agriculturii.

Aceste centrale s-au realizat de către comunele populare, în contextul lucrărilor hidroameliorative de regularizare a scurgerii, irigații, desecări, alimentări cu apă și energie etc.

**Fig. 5.3.** Sistemele hidroenergetice propuse a fi realizate până în anul 2000,  $P_i = 170.000$  MW):

- 1 – pe cursul superior al Fluviului Galben; 2 – râul Dadu;
- 3 – râul Yalong; 4 – râul Jinsha; 5 – râul Lancang;
- 6 – râul Wu; 7 – cursul superior al fluviului Yangzi;
- 8 – râul Hangshui; 9 – Hunan de vest;
- 10 – Fujian Zhejiang – Jiangxi.

Au fost realizate în China, până în anul 1980, circa 90.000 C.H.E. mici, cu putere instalată de circa 7 milioane kW și o producție medie de circa 12,7 miliarde kWh.

**Tabel 5.2.** C.H.E. din Republica Populară Chineză cu puteri instalate de 250 MW sau mai mari

Nr. crt.	Denumirea centralei	Cursul de apă	Provincia	Puterea instalată (MW)	Nr. de grupuri și puterea instalată (MW)	Barajul	
						Înălțimea (m)	Lungimea (m)
A. C.H.E. în exploatare							
1	Liujiaxia	Huang H'e	Gansu	1.225	4 x 225 1 x 300	147	840
2	Danjiangkou	Han Shui	Hunei	900	6 x 150	110	2.549
3	Gongzui	DadU He	Sichuan	750	7 x	85	447
4	Supung	Yalu Jiang	Liaoning	700	7 x 100	100	900
5	Xin anjang	Xinan Jiang	Zhejiang	652,5	9 x 725	105	462
6	Dafengmen	Songhua Hu	Jilin	567	8 x	100	1030
7	Zhexi	Zi Shui	Hunan	435	6 x 72,5	100	900
8	Qililong	Fuchun Jiang	Zhe jiang	420	6 x 50 2 x 60	48	290
9	Xingwenping	Min Jiang	Sichuan	400	–	–	–
10	Huladao Unbong	Yalu Jiang	Jilin	400	–	–	–
11	Fengtang	You Shui	Hunan	400	4 x 100	–	–
12	Yanguoxia	Huang He	Gansu	350	7 x 50	–	–
13	Cascada Yili	Yili He	Yunnan	322	–	–	–
14	Bikou	Bailong Jiang	Gansu	290	4 x 72,5	101	–
15	Huanren	Hun Jiang	Liaoning	290	(4 x 72,5)	–	–
16	Xinfengjiang	Xinfeng Jiang	Guangdong	290	4 x 72,5	105	450
17	Quingtongxia	Huang He	Ningxia	212	(8 x 34)	42	697
18	Cascada Gutian	Gutian Xi	Fu jian	262	4 CHE	–	–
19	Sanmenxia	Huang He	Henan	250	5 x 50	110	960
20	Cascada Maotiao	Maotiao He	Guizhou	250	6 CHE	–	–
B. C.H.E. în construcție (1982)							
21	Gezhouba	Chang Jiang	Hubei	2 715	2 x 170 19 x 125	70	2.561
22	Longyangxia	Huang He	Quinghau	1 600	8 x 200	172	–
23	Baishan	Songhua Hu	Jilin	900	3 x 300	150	670
24	Ankang	Han Shui	Shaanxi	800	4 x 200	–	–
25	Wujiangdu	Wu Jiang	Guizhou	630	3 x 210	165	–
26	Lubuge	–	Yunnan	600	4 x 150	98	–
27	Dahua	–	Yunnan	500	–	–	–
28	Wan'an	Gan Jiang	Jiangxi	500	–	–	–
29	Panjiakou	Luan He	Hebei	450	–	107,5	1.040
30	Dahua	Hangshui He	Guangxi	400	4 x 100	78,5	967
31	Dongjiang	Ou Shui	Hunan	300	3 x 100	157	–

**Tabel 5.3.** Principalele cascade de centrale

Nr. crt.	Cascada	Puterea instalată mii. kW	Producția de energie TWh/an	Observații
1	Jinsha	49	260	Sector al fluviului Yangzi cuprins între ținuturile Yushu și Yibin
2	Yalong	20	120	Afluent de stânga al fluviului Yangzi cu $Q_m = 1.910 \text{ m}^3/\text{s}$
3	Dadu	19	94	Afluent de stânga al fluviului Yangzi, căderea $H = 1.800 \text{ m}$ și $Q_m = 1.570 \text{ m}^3/\text{s}$
4	Lancang	6	35	
5	Wu	5	27	Afluent principal de dreapta al fluviului Yangzi
	Total	99	536	

### 5.2.1. AMENAJĂRILE HIDROENERGETICE GEZHOUBA ȘI DIN DEFILEURILE FLUVIULUI YANGZI

Fluviul Yangzi, cel mai lung din Asia ( $L = 5.472$  km), cu un bazin de recepție de circa 1,8 milioane  $\text{km}^2$  și cu un debit mediu de  $14.300 \text{ m}^3/\text{s}$ , posedă aproximativ  $2/5$  din potențialul țării.

Cea mai complexă amenajare de pe Yangzi este axată pe marea acumulare Gezhouba, situată aval de cele trei defileuri, pe cursul mijlociu, unde valea se lărgeste de la 300 la 2.200 m.

Caracteristicile barajului și elementele componente ale amenajării complexe Gezhouba sunt:

- barajul de greutate din beton, înalt de 70 m, lung de 2.560, având un descărcător cu 27 deschideri, capabil să evacueze un debit maxim de  $110.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- două centrale, la baraj, cu 21 agregate, cu un debit instalat de circa  $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$  și cu o putere totală de 2.715 MW (2 x 170 și 19 x 125 MW), capabile să producă 13,8 TWh/an;
- trei ecluze, la baraj (din care una – cea mai mare din lume – are 280 m lungime și 35 m lățime), care vor permite trecerea navelor de 10.000-15.000 tone.

În iunie 1981 un braț al sistemului a fost redat navigației și primul grup al centralei, de 170 MW, a fost pus în funcțiune.

Amonte de acumularea Gezhouba, în defileurile Yangzi, s-a proiectat un baraj de beton precomprimat de 200 m înălțime și alături o centrală cu o  $P_i = 25$  milioane kW și o producție de 110 TWh/an. Această amenajare complexă de mare anvergură ( $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  beton; grupuri unitare în centrală de 1.000 MW; șase ecluze pentru navigația fluvială – fiecare ecluză de  $280 \times 34 \text{ m}$ ; nivelul de apă din ecluza amonte va fi cu circa 130 m mai ridicat față de ultima ecluză din aval) va asigura:

- protejarea de inundații a zonelor populate și agricole din aval, prin atenuarea viiturilor de  $110.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , în acumularea de 70 miliarde  $\text{m}^3$ , ce se realizează în spatele barajului Gezhouba;
- producerea de energie electrică, care va conduce la economisirea a circa 40 milioane tone cărbune pe an (respectiv a 14-a parte din producția de cărbune a Chinei);
- crearea condițiilor de exploatare a unor mari zăcăminte de cărbune, minereuri de fier, mangan, wolfram, molibden, mică, mercur ș.a. ce se găsesc în amplasamentul și în jurul acestei amenajări;
- îmbunătățirea navigației pentru un trafic anual de peste 50 milioane tone;
- condiții optime pentru valorificarea potențialului irigabil, pentru alimentări cu apă și pentru protecția mediului.

### 5.2.2. AMENAJAREA HIDRAULICO-AGRARĂ TACHAI

La 400 km S-V de Beijing, în Provincia Shanxi, jud. Sia, se află comuna populară Tachai, devenită celebră prin amenajarea hidraulică a întregului teritoriu.

Teritoriul Tachai se înscrie în bazinul hidrografic al unui afluent al fluviului Huang He (fluviul Galben).

Munții Huto, care străjuiesc comuna, dealurile și colinele ce-i continuă, au început în anul 1956 să fie sistematizate, modelate și nivelate.

La baza întregii amenajări au stat următoarele concepții:

- agricultura să se dezvolte pe terenuri orizontale și nivelate, pentru a se valorifica la maxim apa, îngrășămintele, sămânța;
- văile, ravenele și torenții să se amenajeze tot prin terasare, desființându-se talvegurile, iar apele excedentare să fie conduse prin conducte subterane la partea inferioară a bazinului-versant;
- apele locale sau transferate interbazinal să fie conduse pe curbe de nivel prin canale și apeducte (fig. 5.4), cu folosire directă sau prin înmagazinare, în rezervoare în lanț sau singulare;
- întreaga suprafață să fie irigată prin tehnici adecvate condițiilor și culturilor: brazde, picurare, aspersiune, fără consum de energie din afară (ci folosind energia de poziție, prin amplasarea acumulărilor la cote superioare), adoptându-se soluția captării, aducțiunii și distribuției de tip gravitațional;
- extinderea gamei de culturi agricole, tehnice și pomicole și cu împădurirea munților neincluși încă în planul de terasare.



Fig. 5.4. Conducerea apei pe curbe de nivel, prin canale și apeducte.

Lucrările de nivelare efectuate în 1976-1978 au inclus cele 8 dealuri din jurul comunei. Terasarea versanților și a torenților s-a făcut cu mari eforturi. În cele mai frecvente situații, îngrășământul, ca și pământul



vegetal pentru acoperirea teraselor, s-a cărat din depozite și lunci.

Asigurarea apei pentru irigații pe teritoriul sistematizat prin terasare a fost posibilă printr-un riguros plan de gospodărire a apelor locale, suplimentat prin transferuri interbazinale (ex. aducțiuni din acumularea dominantă Kuotuan, cu un  $V_u = 20$  milioane  $m^3$ , pentru circa 1.050 ha).

Rețeaua de canale și acumulările locale, amplasate pe curbele de nivel, cu legături între ele, pe diferite etaje, asigură apa necesară, precum și energia de poziție.

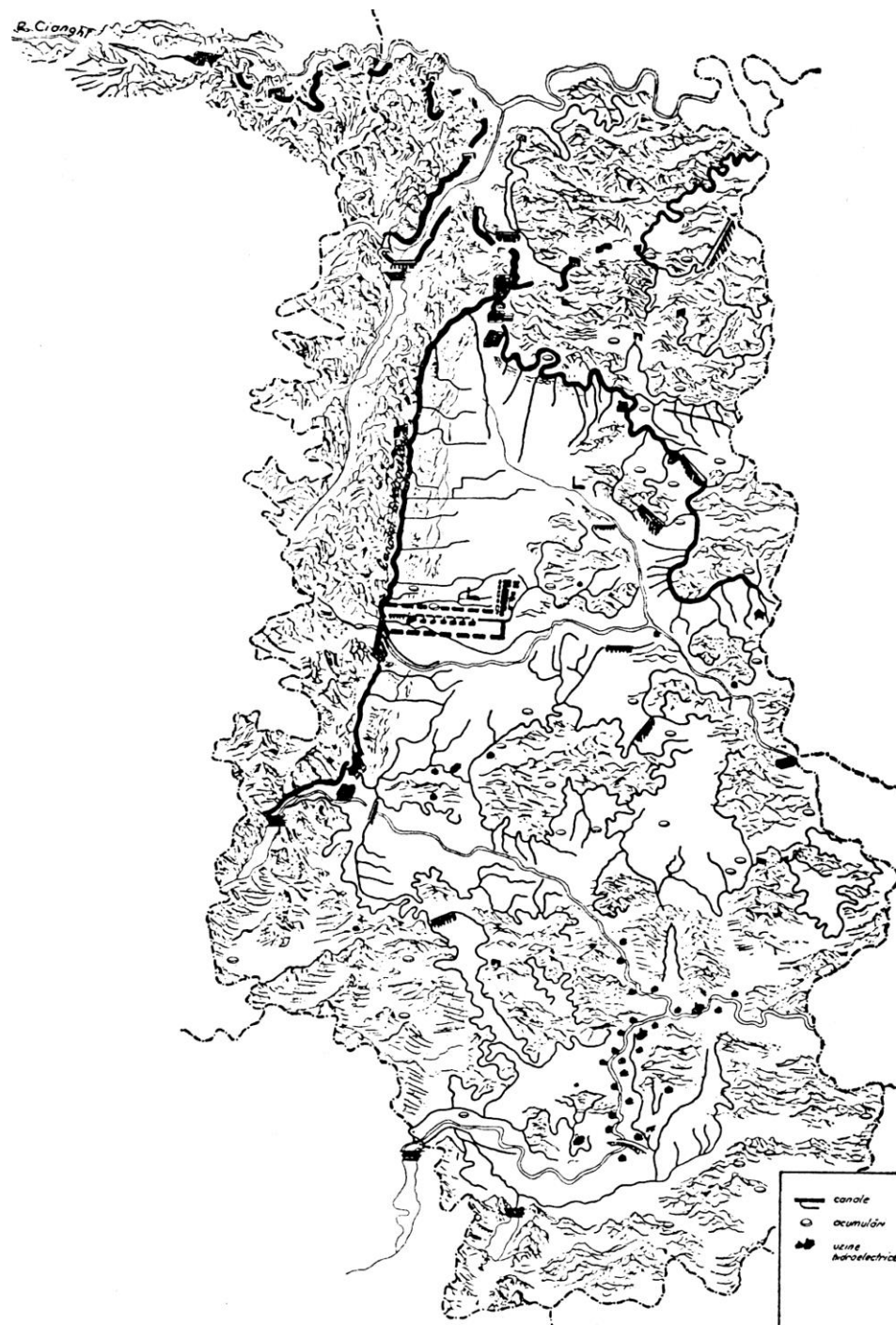


Fig. 5.5. Schema hidrotehnică complexă teritorială de irigații și hidroenergie Lin Xian.

Teritoriul terasat al comunei Tachai este împânzit de canale de aducțiune și distribuție, trasate pe curbele de nivel, la cote diferite (având lungimi ce ajung și la 7-22 km, cu debite de 2-1-0,4-0,2  $m^3/s$ ), de bazine rezervoare circulare amplasate tot pe versant, construite din piatră frumos fasonată ( $V = 10.000-20.000 m^3$ , cu  $H = 8 m$  și  $\varnothing = 40 m$  și mai mult), de apeducte, care asigură continuitatea circularii apei pe versantul întrerupt de foștii torenți terasați. În comuna Tachai s-au construit, cu forțe proprii, 33 apeducte numai pe un canal (C.D<sub>II</sub>). În fig. 5.4 s-a prezentat unul din aceste apeducte ( $L = 120 m$ ,  $H_{max} = 33 m$ ,  $Q \approx 1 m^3/s$ ,  $b \approx 2 m$ ), construit din piatră cu mortar de ciment.

Terasarea s-a făcut în primul rând pe albiile minore și majore ale văilor torențiale, al căror debit maxim a fost dirijat prin conductă subterană, pe sub terase, în zona cea mai joasă a versantului, acumulându-se într-un bazin.

Cum s-a mai menționat, tehnicile de irigații sunt adaptate condițiilor și culturilor: parcele inundate pentru orez; scurgere la suprafață și aspersiune pentru cereale, prășitoare și pomi: picurarea pentru pomi.

### 5.2.3. SISTEMUL DE IRIGAȚII ȘI HIDROENERGETIC „STEAGUL ROȘU” – LIN XIAN

Exemplul de sector reprezentativ dublu prioritar – irigații – energie – în China, îl constituie Sistemul Lin Xian (Xian = județ) din provincia Henan (fig. 5.5).

Acest sistem complex domină gravitațional întreg teritoriul județului Lin Xian. Necesarul de apă pentru diferite folosințe este acoperit prin transfer din râul Chianghî și cu suplimentare din acumulări de perimetru, alimentându-se o rețea de aducțiuni magistrale zonale și canalele de distribuție aferente.

Județul Lin Xian, situat în N-V provinciei Henan, are o suprafață de 2.600 km<sup>2</sup>. Județul este sărac în resurse de apă și pământ de cultură. Acțiunile de amenajare desfășurate se pot departaja în două faze.

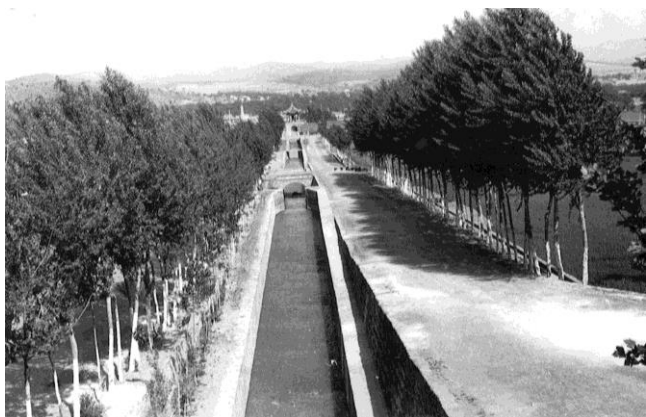
În cadrul primului plan cincinal (1953-1957) s-au realizat amenajări de proporții reduse, locale, prin captări de izvoare, săpare de puțuri, mici baraje de acumulare, mici canale de irigații la poalele munților etc. În perioadele lungi de secetă, aceste lucrări nu s-au dovedit eficiente, sursele de apă secând.

Prin studii ample, după anul 1960, s-a hotărât transferul interbazinal al apei, în sensul de a se deriva din Râul Cianghî (Regiunea Shanxi) debitul necesar alimentării cu apă a întregului județ Lin Xian, împreună cu aportul marilor acumulări de contur ce suplimentează canalul magistral drept.

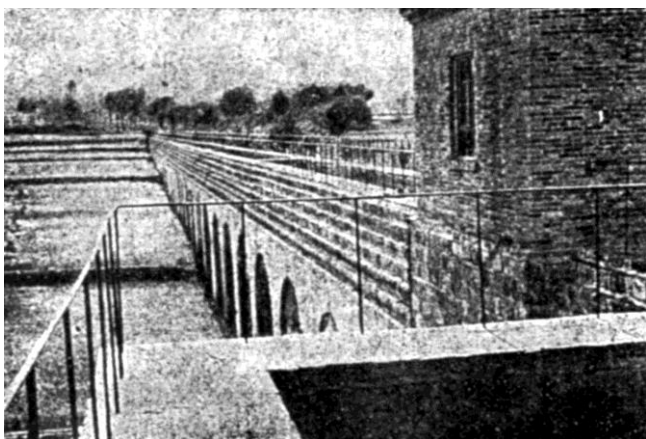
Lucrările începute în februarie 1960 și terminate în 1969 au inclus:

- rețele de canale (590); cele principale însumează 1.500 km și asigură creșterea suprafeței irigate de la 12.000 mu la 640.000 mu, în zona muntoasă Lin Xian (rămânând încă de irigat 230.000 mu; 1 ha = 15 mu).

- 77 microhidrocentrale ( $P_i=15$  mii kW), amplasate pe rețelele de canale gravitaționale (fig. 5.6 și 5.7).



**Fig. 5.6.** C.H.E. și cascadă de căderi pe canalul de evacuare la joncțiunea Canal Steagul Roșu – Canalul Eroilor.



**Fig. 5.7.** Canal de distribuție – apeduct. Se observă terasarea terenului de-a lungul canalului.

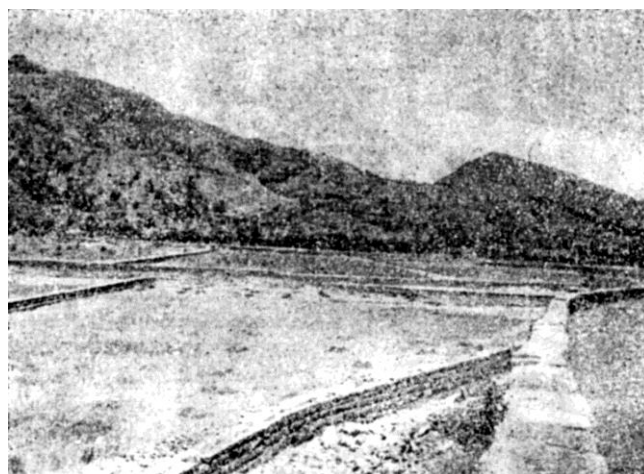
Terenurile luate în cultură irigată au fost foarte bine nivelate – terasate, apa asigurându-se prin canale duse pe cote înalte, pe curbă de nivel și prin rezervoare locale (circulare), amplasate de asemenea pe cote înalte.

*Schema hidrotehnică* a sistemului Steagul Roșu se prezintă sintetic în fig. 5.55. Din această schemă se desprinde cu ușurință concepția amenajării:

- în locul cursurilor naturale de apă ce-și transportau la viituri debitele prin zonele joase, pe care le inundau, s-au realizat noi cursuri de apă artificiale (3 canale magistrale), trasate pe versanți, dominând gravitațional întregul teritoriu.

- paralel cu furnizarea apei terenurilor dominate, aceste canale magistrale și, îndeosebi, derivațiile din acestea, au fost echipate cu micro-hidrocentrale electrice, situate în cascadă pe terenul în pantă.

- cursurile naturale de apă, ce străbăteau luncile, au fost încorsetate și rectificate, iar luncile acestora au fost luate în circuitul agricol (fig. 5.8, a; b).



**Fig. 5.8:** a – Luncile râurilor, încorsetate, sistematizate și ameliorate vor fi luate în cultură; b – Luncile râurilor, sistematizate și ameliorate, au fost luate în cultură (1978)

Sursele de apă ale canalelor magistrale sunt acumulările multianuale situate la cote superioare la periferia județului, derivația din R. Cianghî, ca și scurgerile locale dirijate de pe versanți (fig. 5.9).

Resursele de apă ale județului mai sunt îmbogățite prin multiplele rezervoare (circulare, cu  $V_u = 10.000-40.000 \text{ m}^3$ ), răspândite pe întreg teritoriul și alimentate din canalele de distribuție.

Captarea apei din R. Cianghî, situat la baza versantului, se face printr-un nod hidrotehnic (fig. 5.10). Un prag de fund (cota prag 468,9 m și lățimea la creastă de 4 m) facilitează derivarea apei din acumularea creată pe râu, spre malul drept, printr-o galerie hidrotehnică ( $L = 105 \text{ m}$ ) ce se continuă cu canalul de aducțiune principal al Sistemului Steagul Roșu.

Canalul de priză are o secțiune dreptunghiulară ( $8 \times 3,95 \text{ m}$ ), cu o latură executată sub forma unui zid de sprijin, din zidărie de piatră cu:  $h = 4,3 \text{ m}$ ,  $a = 1,2 \text{ m}$ ,  $b = 2,7 \text{ m}$  (fig. 5.10 și 5.11). Panta acestui canal, dus aproape pe curba de nivel, este foarte mică ( $I \approx 0,0001$ ; mai precis  $1/8.000$ ).

Construcțiile de reglare a debitelor ( $Q_c = 11-25 \text{ m}^3/\text{s}$ ) și de spălare sunt prezentate în fig. 5.12. Stăvilarul de spălare este prevăzut cu două deschideri dotate cu stavile plane, de câte 2 m lățime, separate printr-o pilă cu grosimea de 1 m.

Stăvilarul de reglare a debitului este alcătuit din 3 deschideri; are în structura sa două pile, reglarea debitului realizându-se prin montarea șandorilor de la partea superioară.

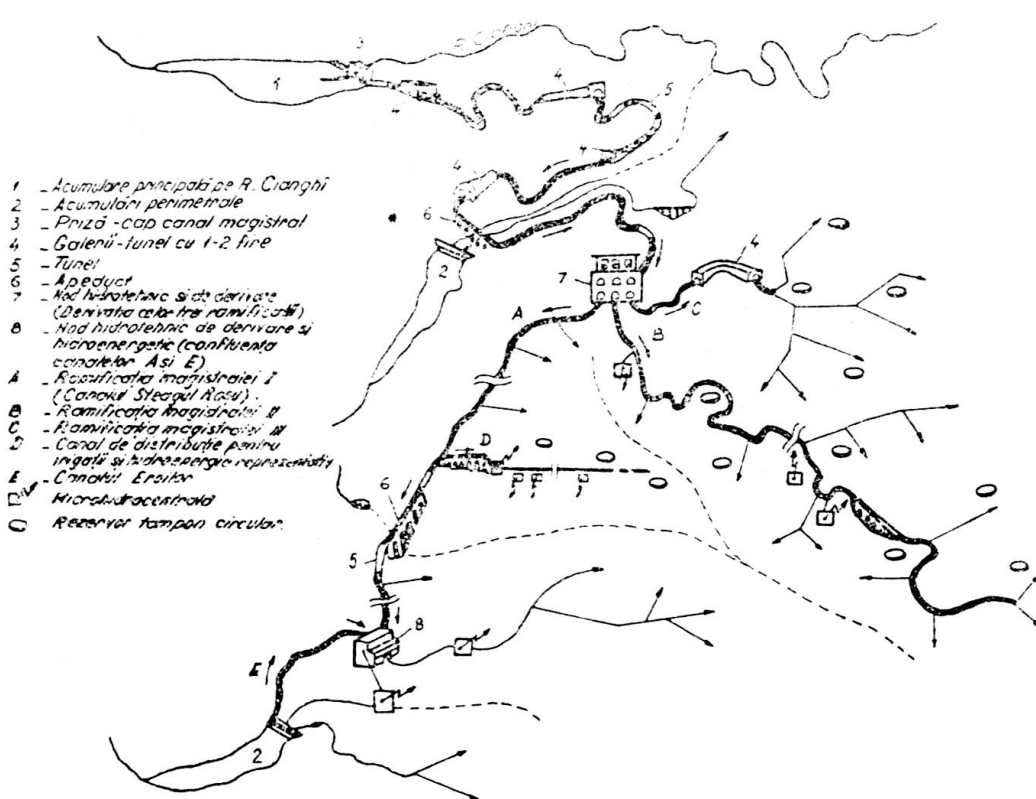


Fig. 5.9. Sursele de apă, sectorul frontal și alte elemente de schemă hidrotehnică ale sistemului de irigații Steagul Roșu

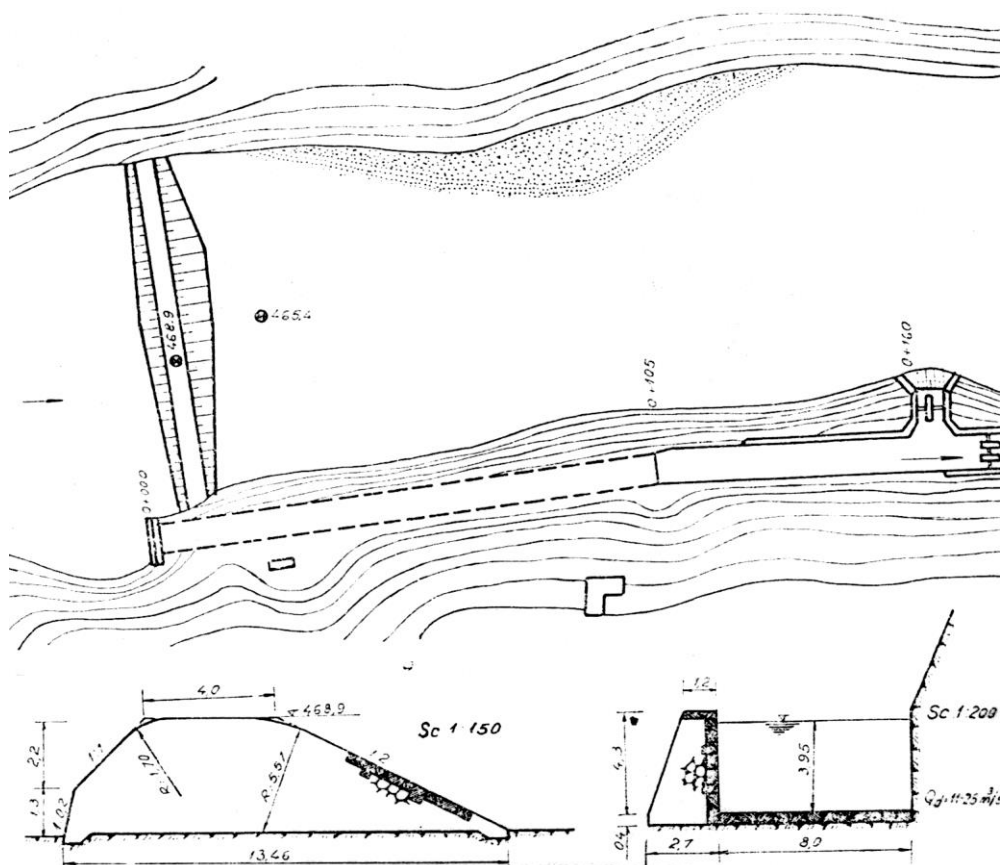


Fig. 5.10. Planul nodului hidrotehnic de captare

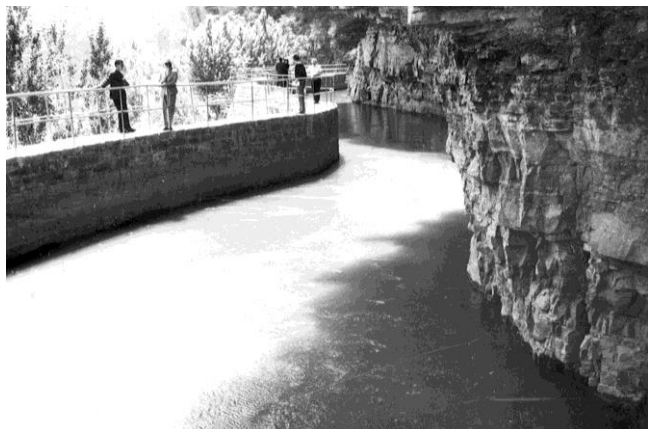


Fig. 5.11. Canalul de priză al Sistemului Steagul Roșu, din râul Cianghî.

În structura schemei hidrotehnice a sistemului Steagul Roșu mai sunt de evidențiat și alte aspecte.

Transportul apei se face prin galerii săpate în stâncă, cum este cazul cu Tunelul Cin-en-tung (Tineretului), pe canalul de aducțiune Steagul Roșu. Această galerie, în formă de potcoavă de cal (cu:  $L = 616$  m;  $H = 5$  m și  $b = 6,2$  m), transportând un debit de 11-25

$m^3/s$ , a fost executată în rocă dură (granit), folosind numai procedee manuale.

În sistemul de irigații Steagul Roșu au fost realizate 40 galerii, de diferite lungimi și dimensiuni. În fig. 5.13 se prezintă – în profil, în plan și în secțiune – traseul și caracteristicile constructive ale unei galerii, de genul celor frecvent realizate în acest sistem. E vorba de Galeria Aurora de pe ramificația stângă a sistemului Steagul Roșu. Această lucrare are:  $L = 4\,000$  m,  $i = 1\%$ , secțiune dreptunghiulară, cu partea superioară în boltă zidită, cu moloane de piatră.

Transportul apei prin apeducte, ca sectoare de legătură pe traseele canalelor, este soluția generalizată în sistemul Steagul Roșu. Prin apeducte se traversează văi, râuri, diverse obstacole, ca și luncile largi, adoptându-se variante diverse: jgheaburi prefabricate (cu 1–2–3 etaje) – fig. 5.14, a; b – sau apeducte din zidărie de piatră în arcade, cu stâlpi de rezistență din același material (fig. 5.15). Jgheabul din fig. 5.15 are o lungime de 1.036 m, o înălțime maximă de 24 m și transportă un debit de  $1\,m^3/s$ . Apeductul Tan-Iuan, de pe ramificația Canalul Eroilor este din zidărie, cu secțiune dreptunghiulară ( $2,6 \times 2,7$  m), cu pasarelă la partea superioară.

În sistemul de irigații Steagul Roșu, apeductele sunt folosite frecvent pentru realizarea canalelor de distribuție (cel puțin pentru tronsonul amonte), care pornesc din magistralele de pe versanți și alimentează cu apă și lunca, fiind echipate cu microhidrocentrale (fig. 5.16).

În comparație cu conductele forțate lungi, pozate după panta terenului, se pot evidenția o serie întreagă de avantaje ale canalului de distribuție tip apeduct:

- căderea utilă a microhidrocentralei se concentrează la capătul aval al apeductului, fiind folosită diferența de cotă a terenului. Dacă în cazul conductelor lungi apar pierderi mari de energie, deci o reducere a căderii utile, în cazul apeductului acestea sunt mai mici.

- se câștigă cotă dominantă față de terenul alăturat, terasat, suprafața irigată fiind mai mare;

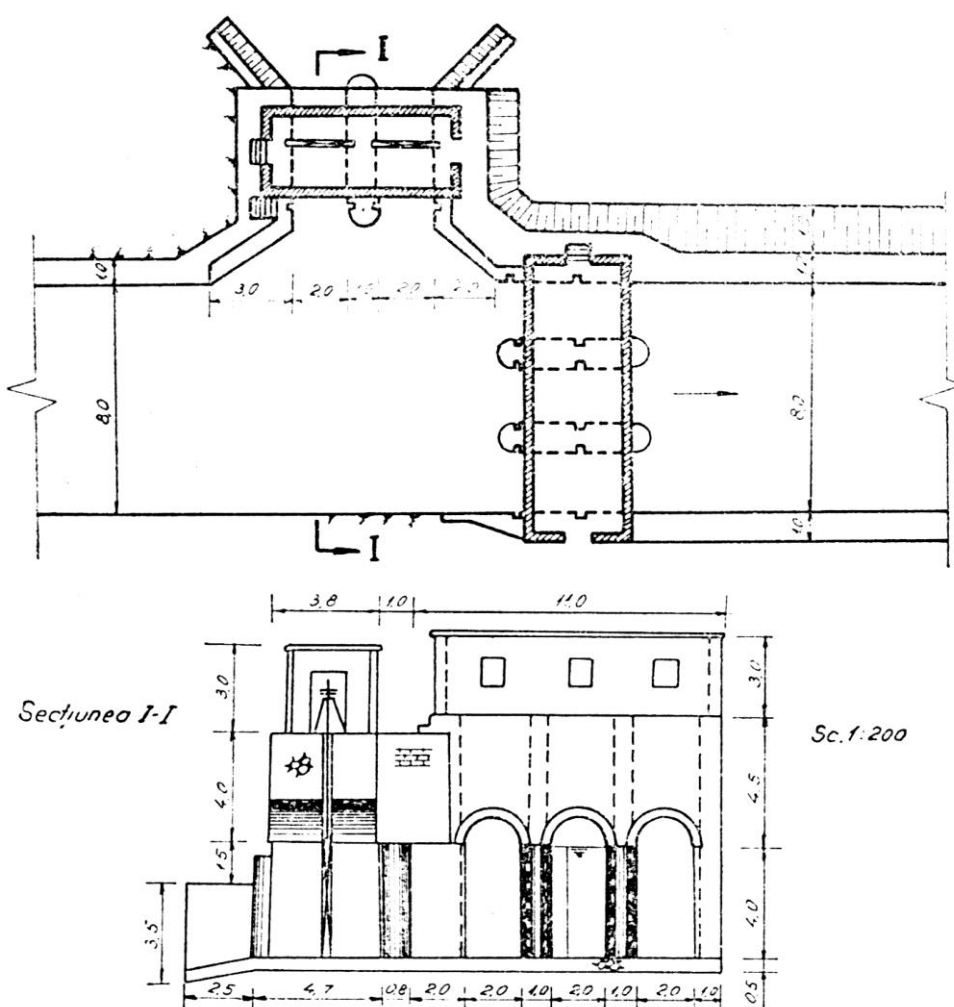


Fig. 5.12. Construcțiile de reglare a debitului și de spălare.

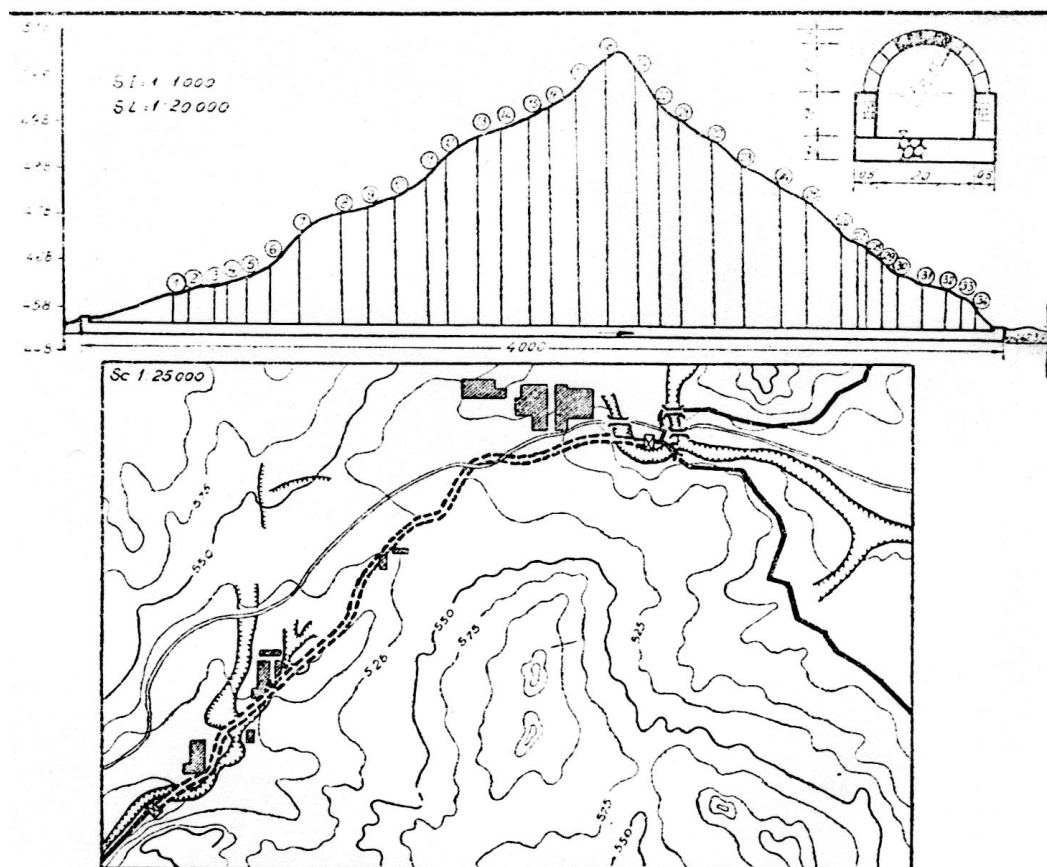


Fig. 5.13. Galerie – sector de legătură pe traseul unui canal de aducțiune.

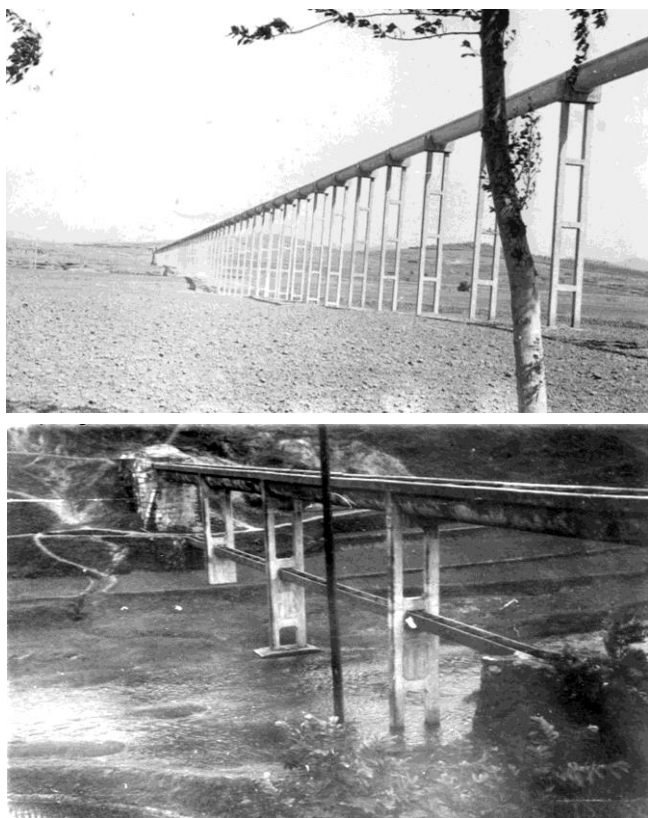


Fig. 5.14. Apeducte sub formă de jgheaburi: a – cu un etaj;  
b – cu două etaje.

– se execută din material local, existent din abundență (piatră), cheltuielile de transport fiind minime (din acest punct de vedere, conductele metalice executate la mari distanțe ar rezulta foarte scumpe);

– forța de muncă este locală, specializată în astfel de lucrări;

– utilajele agricole pot trece în cazul apeductului dintr-o parte în cealaltă.

În partea joasă a versantului, spre luncă, apeductele sunt continuate de canale, folosindu-se orice diferență de nivel, chiar de 1 m, pentru a se produce energie.

Pe o astfel de derivație, alimentată din canalul Steagul Roșu, sunt amplasate 26 microhidrocentrale, care

valorifică căderi de 18–5–1 m, cu debite între 2 și 0,5 m<sup>3</sup>/s.

Primul tronson al canalului de distribuție este un apeduct cu lungimea de circa 500 m, cu panta  $I < 1\%$ , din care se irigă bilateral terase cultivate, cu lungimea de 75–100 m. Panta medie a terenului este pe acest tronson de circa 4%.

La capătul aval al apeductului se află casa vanelor (din piatră), ce asigură funcționarea corespunzătoare pentru orice regim de debite, un bazin de compensare pătrat cu latura de 8 m și o cădere de circa 18 m, care este valorificată de microhidrocentrale 1, dotată cu 3 agregate (1 x 125 kW și 2 x 40 kW).

Apeductul are secțiunea dreptunghiulară, de aproximativ 1,5 m (b) x 2 m (h) și transportă un debit de circa 2 m<sup>3</sup>/s, preluat din canalul magistral ce transportă circa 14 m<sup>3</sup>/s printr-o secțiune dreptunghiulară de aproximativ 6,5 m (b) x 3,5 m (h). Perimetrul este îmbrăcat în percu de piatră, localnicii având o mare îndemânare în asemenea lucrări.

Următorul tronson, în lungime de aproximativ 4.000 m, urmărește panta terenului  $I = (3-1)\%$ , microhidrocentralele fiind amplasate pe canale ocolitoare (lateral dreapta) față de canalul de irigație; se folosește configurația terenului mai înalt decât zonele cultivate laterale, pentru a câștiga diferență de nivel (fig. 5.17).



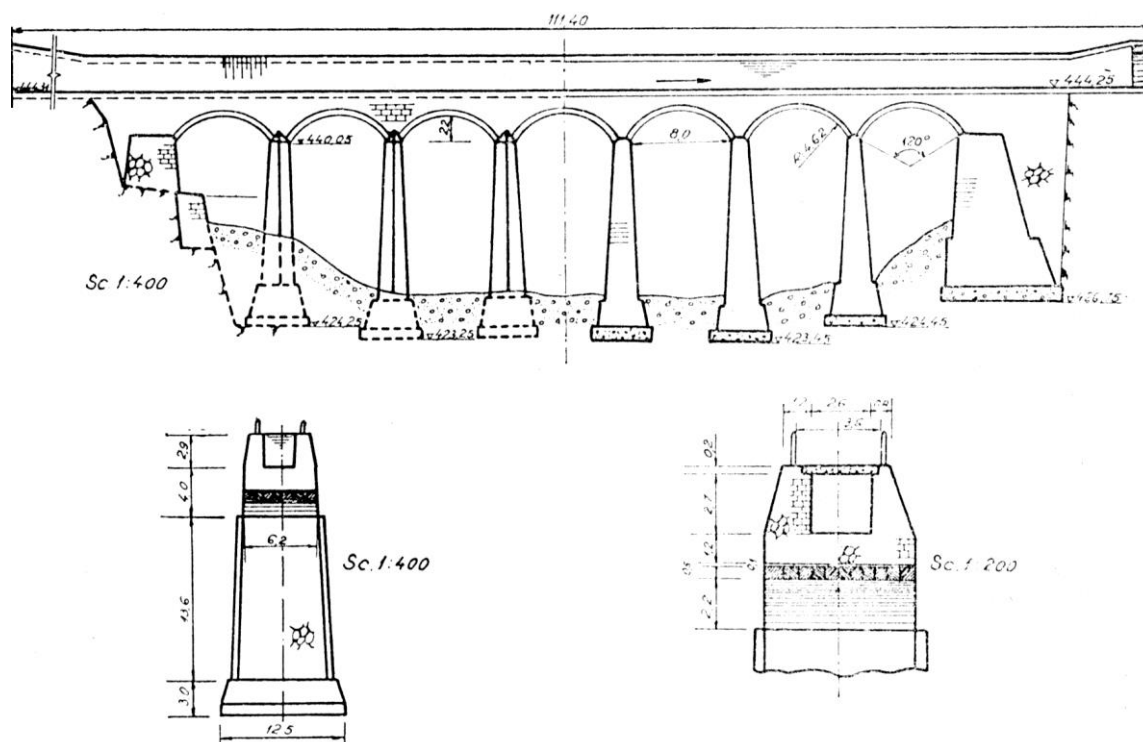


Fig. 5.15. Apeduct din zidărie – Tan-Yuan.

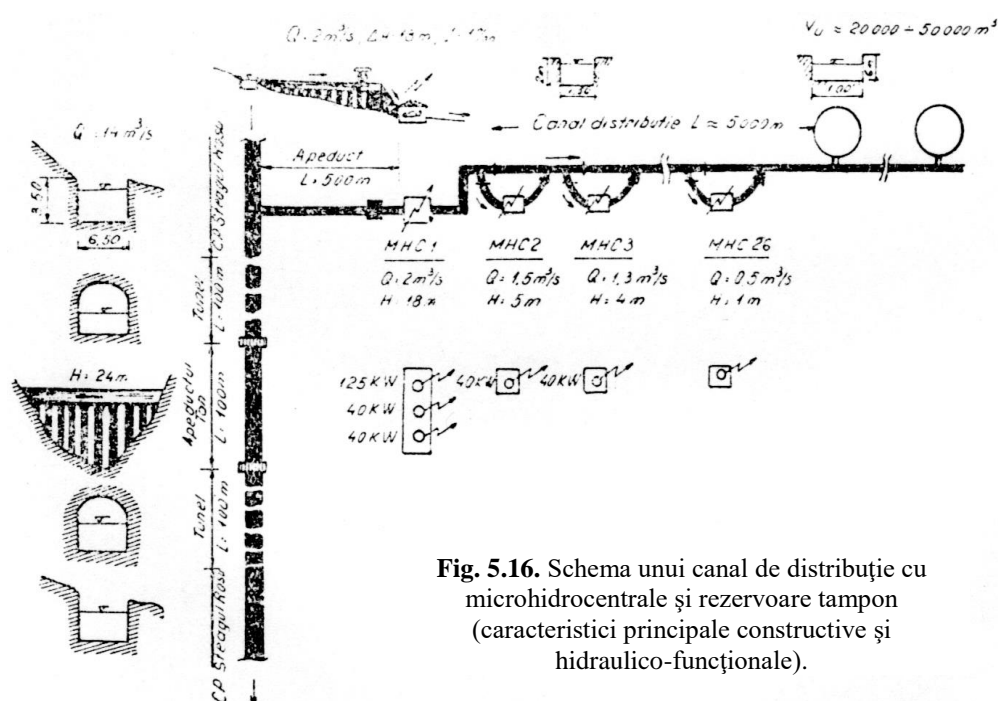


Fig. 5.16. Schema unui canal de distribuție cu microhidrocentrale și rezervoare tampon (caracteristici principale constructive și hidrofuncționale).

Lungimea canalului ocolitor este de circa 100-250 m, crescând o dată cu reducerea pantei terenului.

Un sistem simplu de stavile plane din lemn, cu acționare manuală, amplasate în amonte de fiecare microhidrocentrală, permite asigurarea funcționalității irigației-hidroenergie, pentru orice regim de debite. Sunt valorificate căderi de circa 4-2 m, fiecare microhidrocentrală având un agregat de 40 kW.

Ultimul tronson, la intrarea în luncă (microhidrocentrala 26), valorifică o cădere de circa 1 m și un debit de aproximativ  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , panta terenului fiind de aproximativ 0,5%. Lunca este sistematizată și amenajată pentru irigații. Apa ajunsă în luncă din cascada de microhidrocentrale și folosițele de pe versanți, este integral valorificată în irigații. Pentru intervalul de timp dintre udări și pentru a nu se pierde (evacua) din sistem, apa este acumulată în rezervoare circulare locale ( $V \approx 20.000 \text{ m}^3$ ) – rezervoare tampon.

Execuția rețelilor de distribuție, cu cascadele de microhidrocentrale, s-a rea-

lizat în perioada 1972-1975.

Partea terminală a canalelor de aducțiune este echipată cu două descărcări: una frontală, prin devorsor (de siguranță), și una laterală, ce conduce apa spre microhidrocentrală electrică (fig. 5.18).

Joncțiunea între canalele dominante de aducțiune, duse pe versanți la cote diferite, se face prin hidrocentralele electrice.

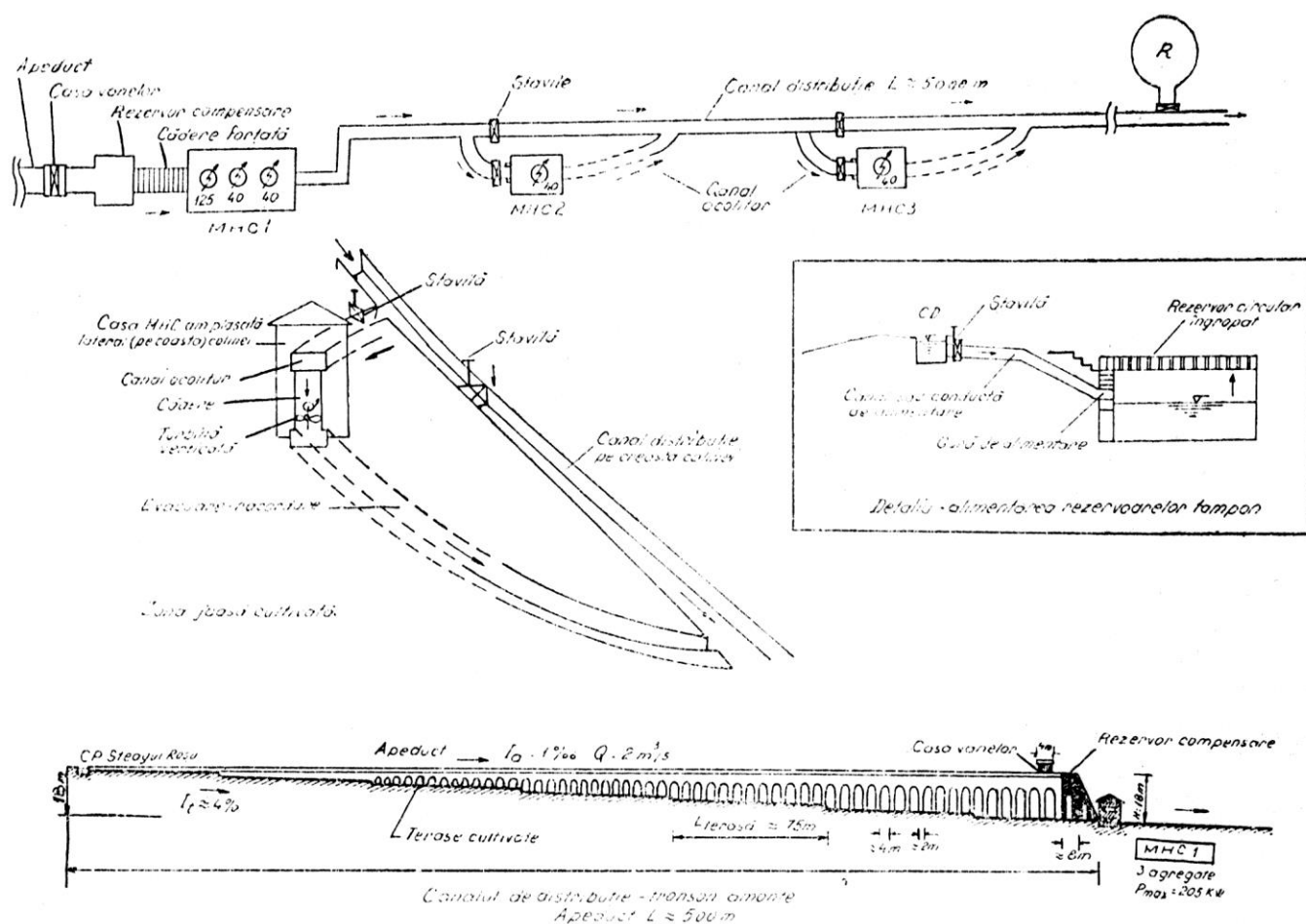


Fig. 5.17. Soluțiile amplasării M.H.C. și rezervoarelor (R) în lungul canalului de distribuție.



Fig. 5.18. Partea terminală a unei aducțiuni zonale.

În fig. 5.19 se vede joncțiunea părții terminale a Canalului Steagul Roșu cu Canalul Eroilor (situat la cotă superioară), prin două microhidrocentrale.

Acumulările locale, realizate prin bararea albiilor naturale și prin rezervoare circulare, abundă în cadrul acestei scheme hidrotehnice.

Barajele se realizează din materiale locale, de genul celui din fig. 5.20. Acest baraj, construit din anro-

camente, cu ecran de etanșare din argilă, are o înălțime de 73,63 m, cu o lățime la coronament de 14 m, cu taluzuri amonte 1/3 și aval 1/1,3 și lățime la bază de 360 m.



Fig. 5.19. Cele două H.E. pe joncțiunea Canalul Eroilor și Canalul Steagul Roșu.

Ecranul din argilă se prelungește sub forma unui anteradier și, prin intermediul palplanșelor, se realizează etanșarea stratelor permeabile din fundație, ce au grosime de 45,00 m.



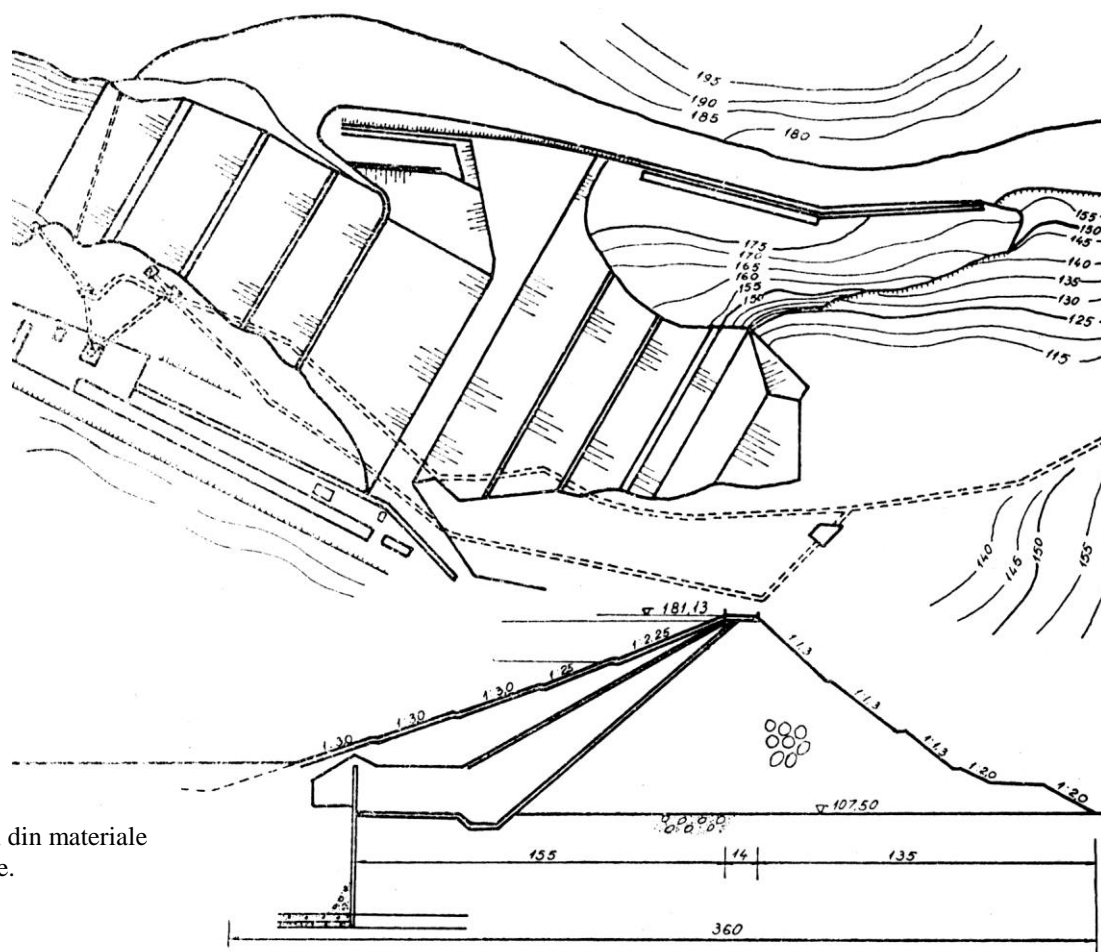


Fig. 5.20. Barajul din materiale locale.

#### 5.2.4. CÂTEVA LUCRĂRI HIDROTEHNICE REPREZENTATIVE ÎN JUDEȚUL HUI – PROVINCIA HENAN

În Hui-Xian, concepția amenajărilor hidrotehnice este mult asemănătoare celei din Lin-Xian: amenajarea prin terasare a munților, gospodărirea și conservarea apelor (în special cele din ploii), îmbunătățirea solului, irigații, inclusiv captările subterane, cu distribuții gravitaționale. De asemenea, în zonele înalte ale județului, care corespund și aici cu limita acestuia, sunt realizate rezerve mari de apă, prin acumulări anuale și multianuale, cu legături și transferuri interbazinale (fig. 5.21), în ideea acoperirii integrale a cerințelor teritorial – județene de apă.

Județul Hui din Provincia Henan este situat la nord de fluviul Weiho și se întinde pe versantul sudic al munților Taihang. Are o suprafață de 2.007 km<sup>2</sup> (agricolă de 630 km<sup>2</sup>); zona de dealuri, cu pante foarte mari, și de munți ocupă 70%. Populația înscrisă în 1978 cifra de 570.000 locuitori.

Precipitațiile medii anuale, cu toate că au o repartiție favorabilă, în perioada cu temperaturi ridicate

(iulie, august, septembrie), sunt reduse comparativ cu evapotranspirația.

Cursul principal de apă – râul Yuhă – are caracter torențial ( $Q_{\min} = 1,5-4 \text{ m}^3/\text{s}$ , iar  $Q_{\max} = 3.900 \text{ m}^3/\text{s}$ ); apele subterane de mare adâncime, cu debite constante, sunt concentrate în N-V județului (cu adâncimi maxime de 120 m și minime de 20 m), în restul teritoriului lipsind; cele 230 izvoare captate (cu debite de 1,1 – max. 9 l/min și mediu 3 l/min) sunt concentrate îndeosebi în perimetrul Paichuan.

Programul de amenajare hidraulico-agrară a întregului județ, început în 1963, este direcționat pe 6 categorii de lucrări, sintetizate prin 6 ideograme ce semnifică: Siŭ – acumulăm apele din ploii; Va – săpăm (colectăm) apele subterane; Gie – oprim – barăm apele sub albia râului; Ien – aducem apele din munți; Ti – ridicăm apele subterane pe versanți, dealuri; Pai – drenăm apele torențiale (ca să nu constituie o calamitate naturală).

Prin cooperări intercomunale, au fost realizate:

– 5 mari acumulări în secțiunile cheie (cu cote dominante), cum este de exemplu acumularea Shihmen (fig. 5.22), al cărei baraj, din piatră, are o înălțime de 85,5 m;

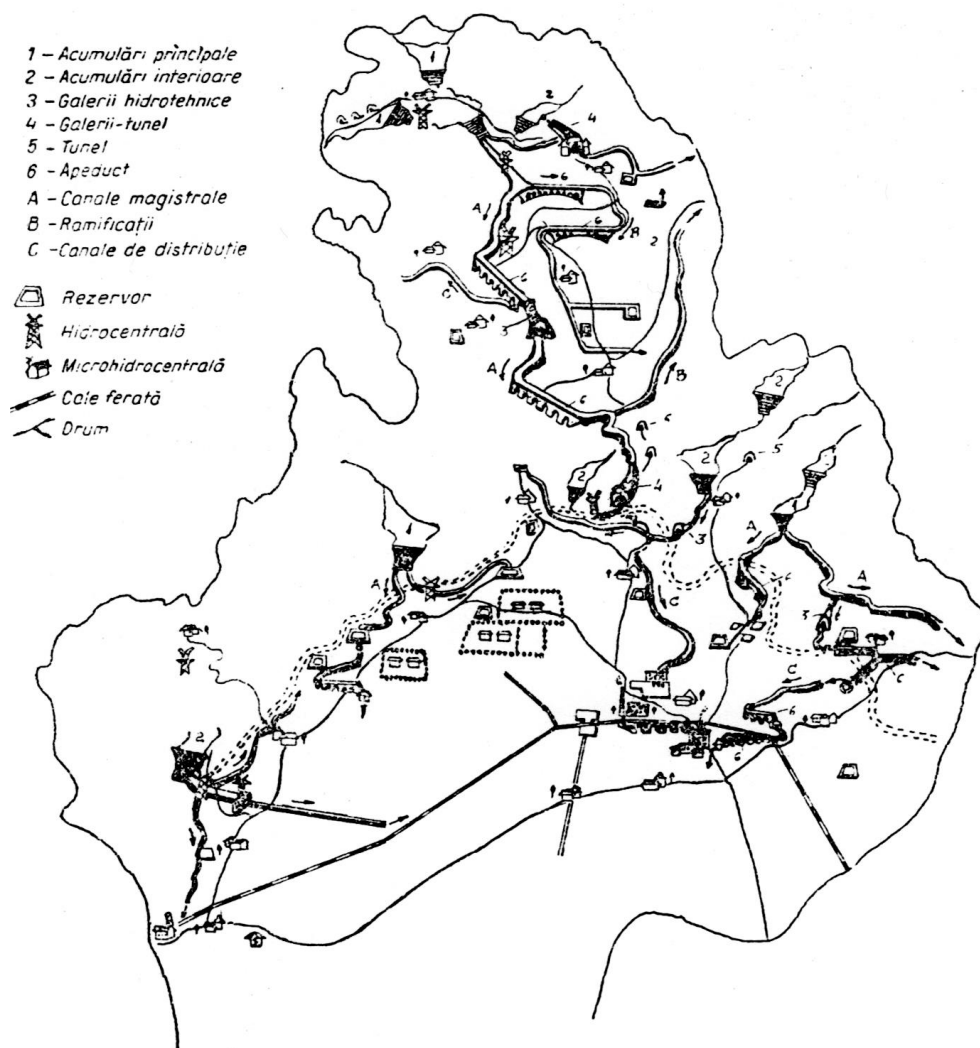


Fig. 5.21. Schema amenajării resurselor de apă, prin acumulări și transferuri, în zonele înalte ale județului Hui.



Fig. 5.22. Barajul în construcție, al acumulării Shihmen.



Fig. 5.23. Canal de aducțiune-distribuție din piatră, dominând folosințele, prin cotele pe care este trasat.

– 949 rezervoare de acumulare, de formă circulară sau pătrată, ce împânzesc teritoriul județului. În acestea se colectează apa locală, din ploi sau adusă din rețelele hidrotehnice zonale, apă ce este folosită la irigații locale, ca și în alte scopuri gospodărești și de agrement; udarea viței de vie reprezintă una din folosințele de bază;

– 16.000 de puțuri, colectoare ale apelor din ploi;

– 5.300 foraje de mare adâncime (peste 100 m);

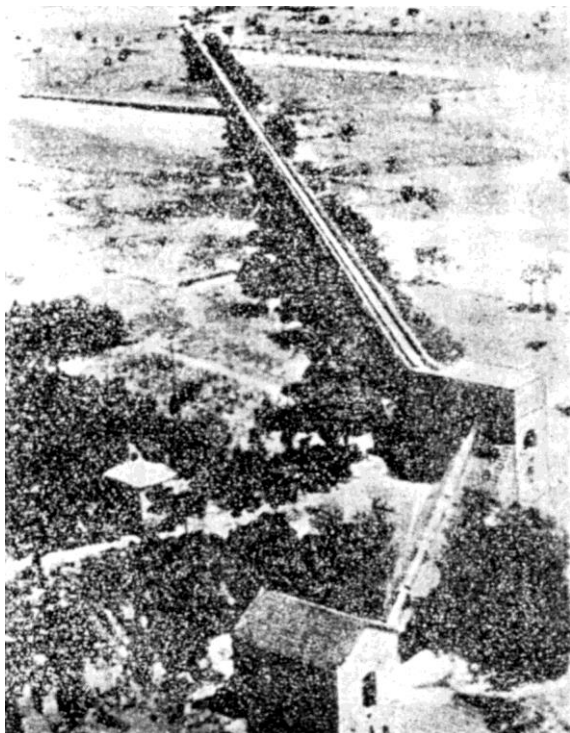
– 230 izvoare captate;

– 3.900 km canale din piatră de aducțiune și distribuție, ocupând poziții dominante asupra terenurilor și folosințelor (fig. 5.23);

– 58 de microhidrocentrale (una are peste 10.000 kW), implantate în rețeaua de canale a sistemelor de irigații, cu aducțiuni și distribuții gravitaționale (fig. 5.24);

– 2.200 canale (circa 2.000 km) de dirijare a apelor unor torenți, cu folosirea lor în irigații;

– 173 stații pompare;



**Fig. 5.24.** Microhidrocentrală electrică pe un canal de distribuție al unui sistem de irigații.

– 10.600 ha terenuri slab productive (erodate, pietroase), cu pante foarte mari au fost transformate în terenuri agricole, prin terasare, fertilizare și irigare.

Terenurile salinizate au fost spălate prin inundare și drenate prin canale deschise. Profilul de sol salinizat a fost amendat după mobilizare și amestec cu nisip, pe toată grosimea sa (la 5 m se găsește un pat de argilă vânată).

Suprafața totală irigată a crescut de la aproximativ 8.600 ha în 1963, la 42.000 ha în 1978, valorificând peste 100 milioane  $m^3$  apă, acumulată în bazine situate pe cote înalte.

O lucrare originală, din același județ (Hui-Xian), care merită a fi menționată, este barajul-galerie drenantă din albia râului Ian. Râul are un caracter accentuat torențial ( $Q = 0-1.400 m^3/s$ ), o albie minoră largă, din piatră. Scurgerile subterane, prin depozitul de piatră al albiei, sunt importante și permanente.

Aceste condiții au determinat soluția executată: un *baraj subteran* în albie ( $l = 120 m$ ,  $h_{min} = 16 m$ ), cu galerie de captare pe întreaga lungime ( $l = 120 m$ ;  $h = 2 m$ ,  $b = 2 m$ ), având paramentul amonte cu rol

filtrant (din piatră brută), iar cel aval, impermeabil din piatră cu mortar de ciment (fig. 5.25).

Accesul la galerie se face printr-un puț amplasat central în albia râului, având cota la partea superioară deasupra nivelului maxim al apei în râu.

Din galeria de captare, apa este condusă în aval tot subteran prin firul albiei, printr-o conductă, care după 500 m, la o cotă favorabilă, se bifurcă pentru a distribui apa prin două canale trasate pe ambii versanți, pentru irigarea gravitațională a terenurilor din aval.

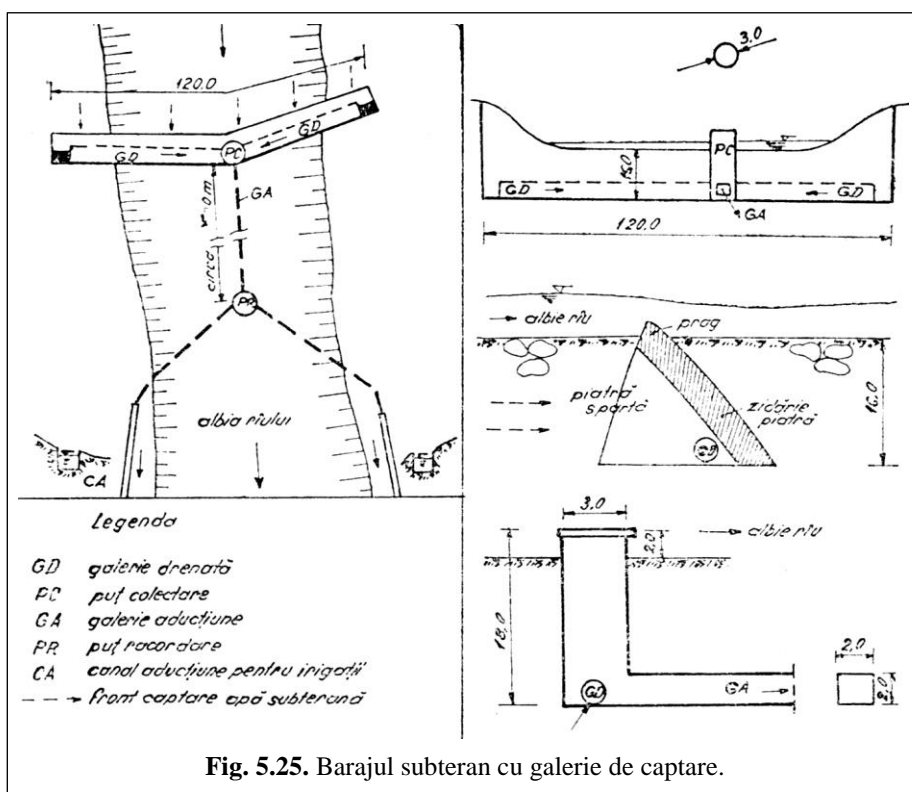
Soluții similare sunt aplicate și în alte complexe hidrotehnice din China.

### 5.2.5. COMPLEXUL HIDROTEHNIC TERITORIAL-JUDEȚEAN TAOYUAN

Județul Taoyuan, situat în regiunea deluroasă din N-V provinciei Hunan, are o suprafață de 4.700  $km^2$ , 60 comune populare și o suprafață arabilă de 90.000 ha (1978).

Condițiile impuse de existența a patru mari cursuri de apă, respectiv a patru bazine hidrografice bine diferențiate, cu posibilități de sectorizare, în soluții gravitaționale, au condus la crearea a patru sisteme hidrotehnice complexe: A, B, C, D (fig. 5.26).

Soluția de amenajare din acest județ nu schimbă linia directoare de a se crea surse de apă în poziții superioare altimetric și teritorial, ci sectorizează teritoriul județului în complexe mai reduse și cu transporturi mai mici de apă.



**Fig. 5.25.** Barajul subteran cu galerie de captare.

Sursele de apă sunt constituite tot din acumulări teritoriale, amplasate pe cât posibil la perimetrul județului sau al complexului. Din aceste acumulări pornesc canalele magistrale, care domină gravitațional teritoriul.

Pentru a se cunoaște amploarea amenajărilor, se vor prezenta câteva date asupra unuia din cele patru complexe hidrotehnice.

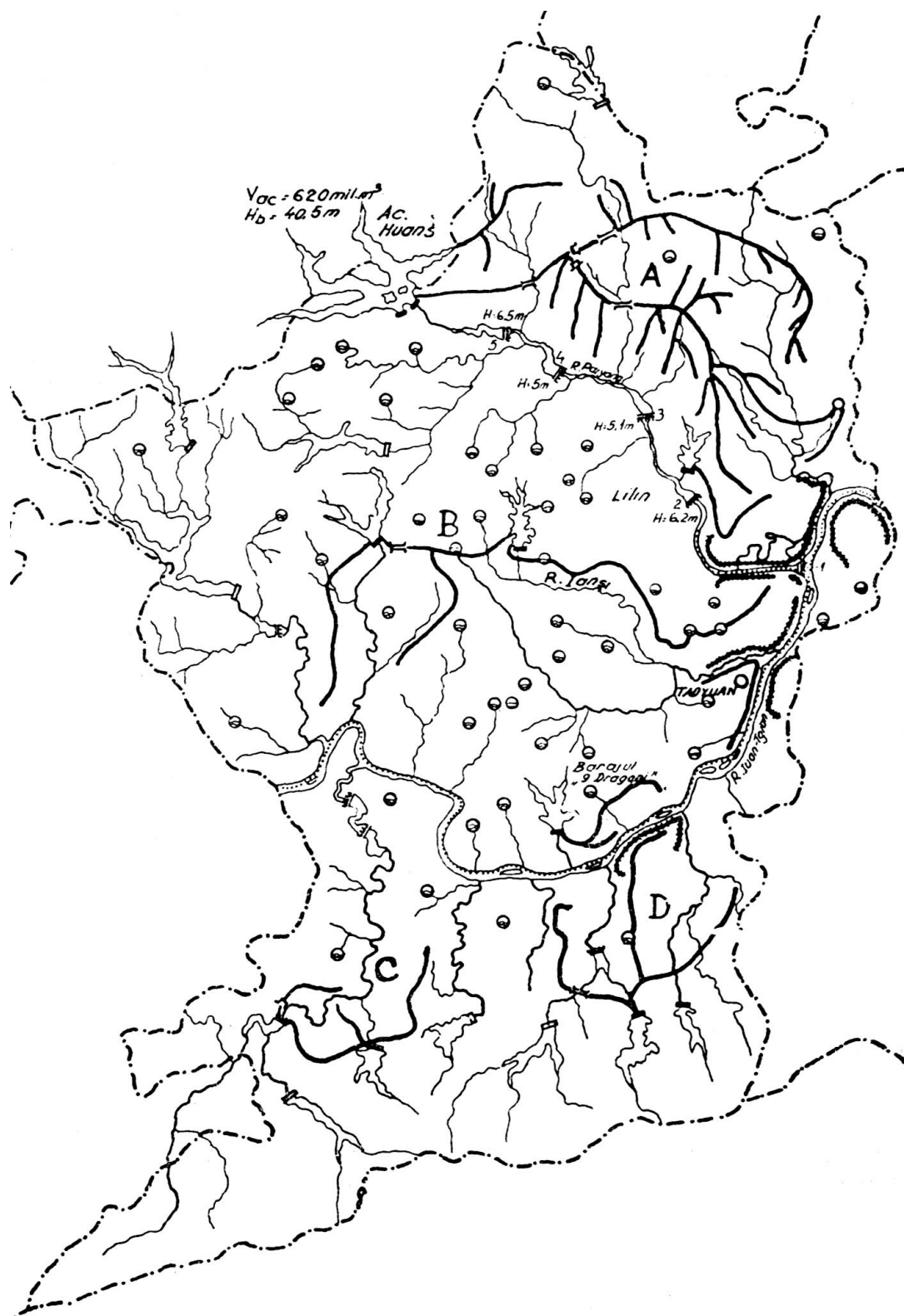
*Complexul A, axat pe râul Paiyang.* Printr-o

mare acumulare multianuală, acumularea Huans –  $V_{ac} = 620$  milioane  $m^3$ ;  $H_b = 40,5$  m, amplasată pe râu, la limita superioară a județului s-au creat condițiile derivării apei printr-o rețea de canale zonale, care gravitațional asigură alimentarea cu apă și irigarea unui teritoriu de circa 30.000 ha.

Pe lângă această acumulare complexă (atenuarea viiturilor, irigații, hidroenergie, navigație), care domină gravitațional întreg teritoriul cuprins între râul Paiyang și limitele de V-N-E ale județului, s-a mai construit o cascadă de acumulări, cu scopuri multiple, pe acest râu.

Efectul lucrărilor realizate: înlăturarea efectului inundațiilor, irigarea suprafeței de circa 30.000 ha, amenajarea a 60 km căi navigabile, cascada de microhidrocentrale cu putere instalată de 10.500 kW, terasarea unor suprafețe de 4.800 ha, deșelenirea și plantarea a 13.333 ha.

Pentru reglarea scurgerii în confluență s-a construit



**Fig. 5.26.** Unitatea administrativ-teritorială Taoyuan. Schema gospodăririi apelor (pe 4 mari secțiuni, pentru crearea de surse pentru irigații, hidroenergetică, piscicultură și protecția terenurilor: A; B; C; D.

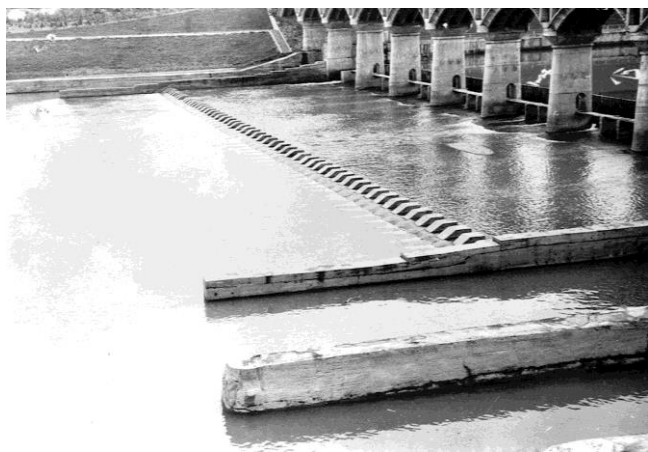
și un baraj de remuu ( $L = 120$  m,  $H = 5$  m), prevăzut cu 13 stavile mobile ( $H = 3$  m), cu pile din beton, având la capete o microhidrocentrală (cu 2 turbine de 500 kW) și o ecluză de navigație.

Lucrări de mare anvergură au fost efectuate și pe sectorul terminal al râului Paiyang. Albia râului a fost rectificată în zona de confluență cu râul Iuan-Tgian și îndiguit, prin diguri de remuu, pe 15 km.

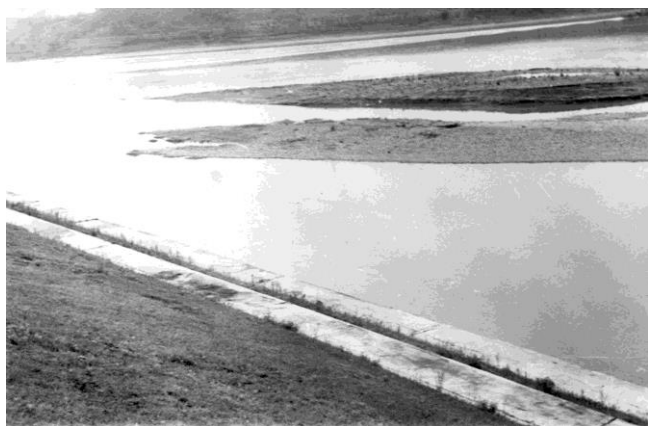
În fig. 5.27 se dau detalii asupra măsurilor de disipare a energiei în baraj și digurile de dirijarea intrării – ieșirii din ecluză.

Cu toate măsurile luate, confluența începe să fie colmatată (fig. 5.28). În 1978 (mai) se întreprindeau studii pentru remedierea acestui fenomen.

Prin rectificarea albiei pe ultimul sector de râu, (printr-o scurtare de 10 km a meandrelor) s-a câștigat și o suprafață de 1.000 ha teren inundabil.



**Fig. 5.27.** Măsuri de disipare a energiei în baraj și digurile de dirijarea intrării-ieșirii din ecluză.



**Fig. 5.28.** Procesul de colmatare în confluență.

În întreg județul, prin eforturi similare celor din Complexul Paiyang s-au realizat: o acumulare foarte mare, 8 acumulări teritoriale mari (cu distribuții gravitaționale), 355 rezervoare comunale-locale, 10 mari derivații zonale, 62.800 iazuri și baraje (totalizând o capacitate de acumulare de 1 miliard  $m^3$ ), 302 stații de pompare, 239 stații electrice, 119 microhidrocentrale

( $P_i = 12.546$  kW), irigații pe 61.330 ha, 96.667 ha plantate cu pomi pe dealuri, în pantă, 13.333 ha culturi agricole intensive intercalate cu benzi înierbate și canale, 6.067 ha terase agricole noi, 135 km cale navigabilă, 1.300 km drumuri pe versanți, controlul a 32 râuri și formații torențiale.

## 5.2.6. COMPLEXUL HIDROTEHNIC SHAOSHAN

În sudul, ca și în centrul și nordul Chinei, preocuparea pentru realizarea unor complexe hidrotehnice teritoriale cu funcționare gravitațională și independență energetică este o realitate.

În centrul provinciei Hunan, în apropierea comunei Shaoshan (situată într-o depresiune muntoasă), s-a realizat un asemenea complex hidrotehnic, cunoscut sub denumirea de „Regiunea irigată Shaoshan”.

Teritoriul dominat de acest complex hidrotehnic depășește 250.000 ha (6 districte), fiind străbătut central de râul Lienchouei, care-și varsă apele în fluviul Siangkian.

Înainte de amenajare (1960) și acest teritoriu sintetiza caracteristicile întregii provincii Hunan: 70% – munți și dealuri neproductive și bântuite frecvent de secetă, 20% – ape care inundau și înmlăștinau locurile joase, luncile, și numai 10% terenuri agricole, cu producții scăzute (150 kg cereale/mu).

Proiectul s-a elaborat (1960) într-o concepție unitară și complexă (fig. 5.29), care a urmărit:

- să redistribuie, printr-o serie de acumulări (dintre care acumularea Chouefoumiao este cheie), scurgerile anuale și multianuale ale râului Lienchouei, în funcție de cerințele teritoriale;
- aducțiunile și distribuțiile de apă să se facă în soluție gravitațională, și cu producere de energie;
- noua rețea hidrotehnică să preia atribuțiile de resurse de apă în teritoriu, râului Lienchouei și afluenților săi revenindu-le rolul de evacuatori și transport pe apă (râul Lienchouei);
- procesele de inundații, eroziuni și colmatări să fie înlăturate;
- rețeaua de canale magistrale de irigație să permită și navigația interioară;
- orice luciu de apă (acumulări, canale) să fie valorificat și piscicol, precum și pentru păsări palmipede (rațe);

– munții, dealurile și colinele, ca și luncile inundabile anterior amenajărilor, să fie transformate în terenuri agricole, prin terasări, desecări, amendări și irigații.

Cum s-a menționat, lucrarea cheie este acumularea Chouefoumiao (fig. 5.30), amplasată la limita superioară a perimetrului, dominând altimetric întreaga suprafață (circa 250.000 ha).

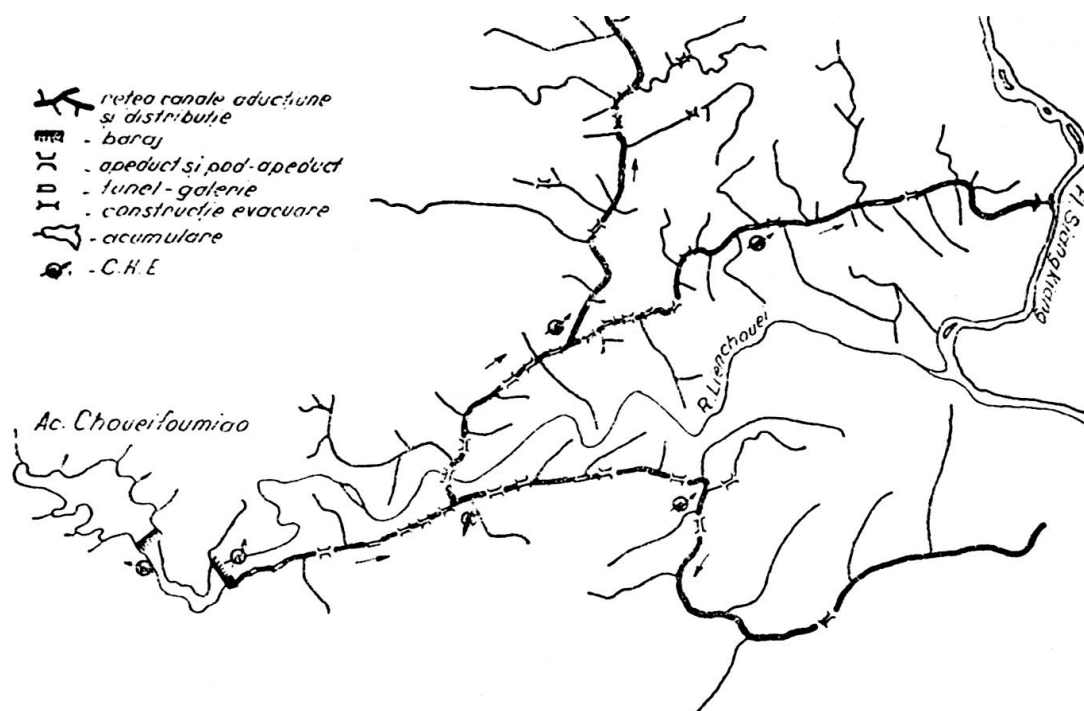


Fig. 5.29. Schema hidrotehnică a Complexului de irigații – hidroenergie – navigație Shaoshan.

Această mare acumulare, cu un volum util de 370 milioane  $m^3$  de apă, joacă rolul important – cheie – al întregului complex: asigură apa pentru irigații gravitaționale, reglează scurgerile pentru navigație și pentru lupta contra inundațiilor, este sursa importantă hidroenergetică a complexului ( $P_i = 30.000$  kW), este un mare rezervor piscicol.



Fig. 5.30. Acumularea Chouefoumiao – cheia amenajării Shaoshan.

Această amenajare cheie lucrează corelat cu celelalte obiective hidrotehnice din perimetrul complexului Shaoshan, care valorifică toate resursele teritoriale de apă – râuri, acumulări și iazuri locale, rezervoare etc.

Axat pe arterele principale: acumularea Chouefoumiao – sectorul superior al râului Lienchouei – și cele două magistrale trasate pe cote înalte ale ambilor versanți, s-a asigurat punerea la adăpost de inundații și secetă a unui teritoriu de 250.000 ha, cu irigarea a 66.000 ha în zona centrală.

Obiectivele principale ale schemei hidrotehnice

înscriu, pe lângă cele de mai sus: 240 km canale magistrale și 1.600 km canale principale (fig. 5.31), 10 tuneluri în lungime de 12,5 km, 26 apeducte, 2.300 construcții – centre de exploatare și întreținere, 400 stații de pompare electrice, 120 rezervoare, 52.000 iazuri, 3.900 baraje, uvrajele pentru alimentarea cu apă a întreprinderilor industriale – miniere și uzine – din perimetru.



Fig. 5.31. Un canal în complexul irigat Shaoshan.



Canalele construite în zona de dealuri și coline au impus sistematizări și terasări importante; peste 38 milioane  $m^3$  pământ și piatră au fost dislocați în acest scop. Peste 100 de ravene au fost umplute și terasate cu pământul obținut din dealurile adiacente.

O suprafață de peste 300.000 mu – terenuri în pantă, altădată aride – prin terasări, nivelări și irigații au fost transformate în plantații de ceai și livezi. În urma acestor amenajări, agricultura a devenit principala ramură a economiei județului.

Rețeaua de canale construite pe cote dominante asigură circulația și distribuția gravitațională a apei la consumatori. Întrucât debitele scurse nu pot acoperi integral cerințele, iar acumularea cheie Choueifoumiao este la distanță mare și nu are volum suficient (370 milioane  $m^3$ ) pentru întreaga suprafață dominată (250.000 ha), în interiorul complexului sunt realizate numeroase acumulări și rezervoare locale. Acestea valorifică prin înmagazinare scurgerile excedentare, sau ale unor resurse locale, devenind astfel surse de apă pentru folosințele locale. Aceste rezervoare locale sunt legate funcțional cu întregul complex hidrotehnic.

Asigurarea continuității scurgerii apei pe canale, la intersectarea diferitelor obstacole, se face prin canale – apeducte și tuneluri. În complexul hidrotehnic Shaoshan, cele 26 apeducte ( $L_T = 7$  km) și 9 tuneluri ( $L_T = 6$  km) sunt navigabile pentru vase de 20 tone:

- unele apeducte navigabile traversează la cote superioare cursuri de apă, de asemenea navigabile; astfel, apeductul Tchoutsintou ( $L = 530$  m,  $Q = 31,8$   $m^3/s$ ) asigură traversarea canalului magistral central peste râul navigabil Lienchouei (fig. 5.32).



Fig. 5.32. Apeductul navigabil Tchoutsintou, traversând un râu navigabil.

- unele apeducte navigabile traversează, la cote superioare, lunci redede intens circuitului agricol și care sunt străbătute și de căi ferate; astfel, aspectul Yunhoutienho ( $L=470$  m) are acest rol (fig. 5.33).

- unele apeducte navigabile traversează la cote superioare drumuri, autostrăzi, ca de exemplu șoseaua principală ce leagă capitala provinciei Hunan (Changsha) cu Shaoshan.

Desecarea terenurilor joase este asigurată prin rețele de canale trasate în cadrul unei sistematizări raționale, cu atât mai mult cu cât aceste terenuri au o folosință prioritar rizicolă (80%). Proiectarea canalelor de desecare a avut în vedere și posibilitatea folosirii apelor drenate pentru irigații în perioadele secetoase.

Terenurile pentru agricultură sunt terasate și nivelate: munții, dealurile și colinele, prin complexul de măsuri hidraulico-agrar, sunt transformate în câmpuri fertile; terenurile joase sunt amenajate în primul rând pentru orezării, fără a limita cultivarea acestei plante, care ajunge în această provincie și la altitudini de 1.100-1.200 m. Parcelele de orez nu sunt mari, au suprafața de 2-10 mu, însă sunt riguros sistematizate.

Canalele de alimentare-repartiție domină altimetric parcelele, care la rândul lor sunt terasate, după panta terenului.

În provincia Hunan, în mod frecvent se practică sistemul combinat de amenajare a parcelelor mici de orez (1–2–10 mu), cu iazurile mici de pește (1-2 mu). Rolul acestei combinații (parcelă+iaz) derivă în primul rând din considerente de economie și terasament. Iazul se realizează în debleu, cu adâncimi de 3–4 m, iar pământul obținut este folosit la executarea digulețelor parcelelor de orez, pentru menținerea unei coloane de apă de 20-30 cm. Rezultatul acestei lucrări „iaz-parcelă” este că iazul suplimentează parcela de orez și cu apă încărcată cu îngrășăminte naturale (excremențele de la pești), în anumite perioade. Parcelele de orez pot fi folosite de piscicultură, în anumite stadii de reproducere și dezvoltare.

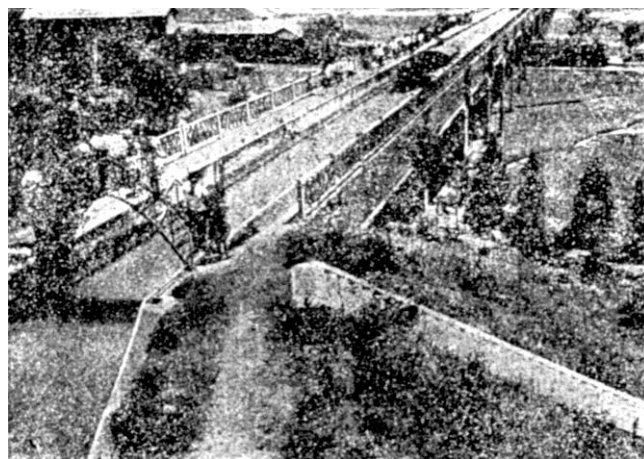


Fig. 5.33. Apeductul navigabil Yunhoutienho, traversând un teren agricol și o cale ferată.

Sistemele de irigații încadrate în mari complexe hidrotehnice din provincia Hunan, sunt de tip gravitațional și cu independență energetică. Pompările sunt limitate la unele terenuri valoroase situate la cote superioare canalelor de aducțiune și distribuție gravitațională, iar energia folosită este obținută exclusiv în microhidrocentralele electrice ale complexului respectiv.



# SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE REPREZENTATIVE DIN ALTE ȚĂRI. PROIECTE – REALIZĂRI

## 6.1. PROIECTUL DUNĂRE– TISA – DUNĂRE (D-T-D), IUGOSLAVIA

Iugoslavia se situează printre primele țări din Europa în ceea ce privește densitatea hidrografică: peste 1.900 râuri cu lungimi mai mari de 10 km (cele mai mari fiind Dunărea și Sava) (fig. 6.1).

Din punct de vedere climatic se disting în Iugoslavia trei zone climatice: climat continental la nord și nord-est, climat continental moderat în interiorul țării și climat mediteranean pe litoralul adriatic și în valea Vardarului (S-E). Verile sunt călduroase în întreaga țară (media în iulie este de 22,8°C la Belgrad, 26,8°C la Titograd și 25°C pe litoral). Iernile sunt blânde pe litoral și în S-E (media în ianuarie oscilează între +5° și +10°C) și mai aspre în restul țării (media în ianuarie este de -3°C în Croația și -1°C în Voivodina).

Precipitațiile sunt abundente în centru și N-V (1.000-1.500 mm/an, atingând și 5.000 mm/an, pe litoral, la Kotor, considerat „polul” ploii din Europa) și mai reduse în E și N-E (600-700 mm/an), unde apar

secete frecvente.

Iugoslavia are un potențial hidroenergetic ridicat: din totalul de energie electrică existent în deceniul trecut de 33,23 miliarde kWh/an, prin amenajările hidroelectrice s-au obținut 18,0 miliarde kWh.

Dispune și de o rețea de căi navigabile interne destul de dezvoltată – peste 2.000 km.

Partea joasă a Câmpiei Panonice este ocupată de cea mai fertilă suprafață din Iugoslavia și chiar din Europa, cunoscută sub denumirea de Voivodina, în suprafață de 2 150 600 ha, din care arabil 1.680.000 ha.

În Voivodina s-a construit marele *complex hidrotehnice Dunăre – Tisa – Dunăre*, terminat în anul 1972.

Condițiile naturale și social-economice ale acestui vast teritoriu au condus la conceperea unui proiect complex hidrotehnice, prin a cărui aplicare s-a asigurat sistematizarea hidraulică a întregului teritoriu: regularizări de cursuri de apă, drenaje, irigații, navigație, alimentare cu apă ale industriei, agriculturii și centrelor agroeconomice, piscicultură etc. (fig. 6.2).



Fig. 6.1. Iugoslavia: harta hidrografică.

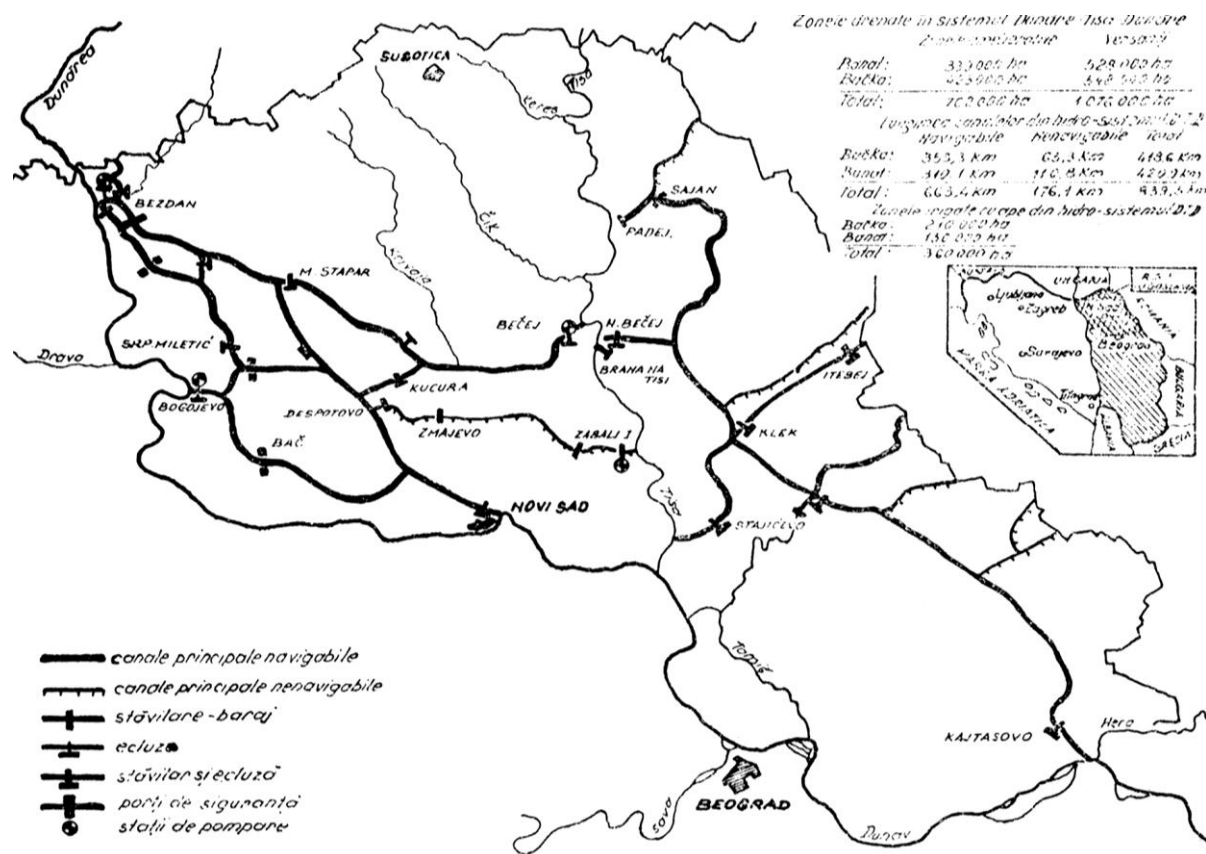


Fig. 6.2. Schema hidrotehnică a complexului Dunăre – Tisa – Dunăre.

În general, condițiile naturale favorabile producțiilor agricole au fost puțin valorificate înaintea aplicării proiectului hidrotehnic complex, din cauza inundațiilor și secetelor periodice.

Pagubele provocate de inundații cu ape locale subterane, ca și din ploile torențiale, ating câteodată proporții catastrofale. Pe de altă parte, climatul continental cu călduri toride (de stepă) în timpul verii, cauzează, prin secete excesive, pagube la fel de mari ca și inundațiile.

Statisticile indică că în timp de 100 ani, în zona Voivodina au fost: 51 ani secetoși, 32 ani cu inundații și 17 ani normali pentru producția agricolă. Temperatura maximă anuală este de +44°C, temperatura minimă -31°C, iar temperatura medie anuală +11,2°C. Ploile anuale variază între 450–830 mm, cu media de 625 mm. În perioada mai-august cad 258 mm precipitații.

Avându-se în vedere aportul agro-economic al acestui teritoriu (40% din venitul său total și 50% participare cu produse agricole pe întreaga țară), e ușor de înțeles interesul acordat amenajărilor hidroameliorative de aici: peste 760.000 ha drenaje și peste 360.000 ha irigații.

Printr-o rețea de peste 840 km canale magistrale, din care 663 km navigabile, s-a asigurat legătura, prin scurgere gravitațională a apei, între Dunăre–Tisa–Du-

năre, cu irigarea, drenarea și alimentarea cu apă a zonei, inclusiv navigația interioară (pentru nave de 1.000 tone), în spațiul Bačka și Banatul sârbesc.

Volumul de excavare în noile canale ( $L = 570$  km) a totalizat 127 milioane m<sup>3</sup> pământ. Adâncimea excavațiilor, în funcție de orografia terenului, a fost de 3-21 m. Lățimea la suprafață a canalelor din întreaga rețea D–T–D a variat de la 8 la 150 m, iar adâncimea apei, de la 2 la 5,5 m.

Canalul magistral D–T–D este echipat cu: 17 stăvilare-baraj pentru reglarea nivelului apei pentru irigații și drenaj; 13 ecluze pentru trecerea vapoarelor; 4 stații mari de pompare (Bečej, Zabalj, Bogojovo și Bezdán) pentru suplimentarea apei pe anumite sectoare, ca și pentru evacuarea surplusului de apă; 91 poduri din beton și oțel, cu lungimi între 30 și 100 m; 70 centre de exploatare și întreținere; 80 km acces la șosele; un baraj pe Tisa, pentru derivarea și transportul gravitațional al apei pentru irigații în întreg teritoriul al Banatului iugoslav. De-a lungul Canalului D–T–D s-au construit porturi, silozuri pentru depozitarea cerealelor, fabrici de morărit și de zahăr.

Prin aplicarea proiectului Dunăre – Tisa – Dunăre s-a asigurat și irigarea suprafeței de 360.000 ha. Rețeaua de irigație și distribuție este în cea mai mare parte de tip deschis, sub formă de jgheaburi, montate la nivelul terenului pentru a asigura scurgerea gravitațională a apei.

În cadrul complexului hidrotehnic Dunăre – Tisa – Dunăre au fost drenate 760.000 ha; colectarea apei din rețelele de drenaj se asigură prin canale deschise (fig. 6.3) prevăzute cu drumuri, poduri de traversare și echipament de control al regimului scurgerii.

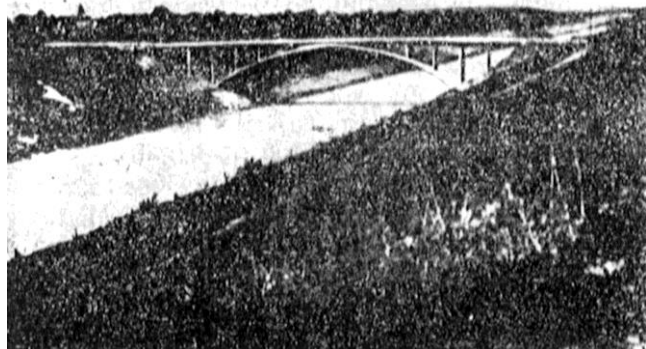


Fig. 6.3. Aspect din rețeaua de desecare a complexului hidrotehnic Dunăre – Tisa – Dunăre.

În procesul de exploatare-întreținere, obiectivele întreprinderii „Proiect hidrotehnic complex Dunăre – Tisa – Dunăre”, includ: drenarea apei excedentare și reziduale; protecția împotriva inundațiilor și regularizări de râuri; alimentarea cu apă pentru agricultură, industrie și localități; activitatea de cercetare, studii și proiectare în economia apelor; construcția de canale mari și obiective hidrotehnice: stăvilare, ecluze, stații de pompare, poduri din beton și oțel și alte structuri ingineresti; organizarea și planificarea activităților în sistemele de irigații; întreținerea căilor navigabile – canale – și a instalațiilor aferente; reparații de utilaje, mașini grele și echipamente în cadrul atelierelor și întreprinderilor proprii; organizarea producției agricole în condiții de irigații; proiectări și amenajări hidrotehnice-hidroameliorative în străinătate, independent și în cooperare cu alte întreprinderi. Centrul tehnico-economic al marelui sistem hidrotehnic Dunăre – Tisa – Dunăre din Iugoslavia se află la Novi Sad.

## 6.2. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN BAZINUL HIDROGRAFIC SENEGAL (REPUBLICILE SENEGAL ȘI MAURITANIA)

Axat pe fluviul Senegal, complexul de amenajări hidrotehnice din deltă (Delta Senegalului), ca și de pe cursul de apă (fluviul Senegal) – spre vărsare, la Diama, reprezintă interesante exemple pentru specialiștii cu sarcini în domeniile: barării procesului de salinizare al apelor dulci din râurile ce se varsă în lagune – mări –

ocean, prin oprirea intrării acestor ape pe râuri, la etaj; creării de rezerve de apă pentru irigații; facilitării navigației la variațiile mari de debit și nivel pe cursul de apă; organizării punerii în valoare a terenurilor din deltă ș.a.

### 6.2.1. CONDIȚIILE NATURAL-ECONOMICE

Fluviul Senegal are ca principali afluenți, în zona superioară: râul Bafing, ce izvorăște din masivul muntos foarte ploios Fouta Djallon, cu înălțime de 1.425 m, situat pe teritoriul Republicii Guineea, și râul Baoule, ce izvorăște din aceiași munți de pe teritoriul Republicii Mali (fig. 6.4.).

Lungimea fluviului Senegal este de 1.430 km, iar suprafața bazinului hidrografic este de 400-500 km<sup>2</sup>.

Valea Senegalului din cursul mijlociu și inferior constituie o depresiune ușoară, încastrată în vastele platouri de nisip din Mauritania și Senegal.

Valea – depresiunea Senegalului – formată din soluri aluviale, este divizată de meandrele acestuia în perimetre cu suprafețe ce variază de la câteva sute la 20.000-30.000 ha.

Cu aproximativ 100 km înainte de vărsarea în Oceanul Atlantic începe delta, care are lățimi de ordinul câtorva km până la Richard Toll, pentru ca apoi să se evazeze, atingând și 50 km lățime. Delta Senegalului are o suprafață de aproximativ 120.000 ha.

Acest vast teritoriu al deltei este străbătut de albia minoră a actualului fluviu și de numeroase vechi alpii, trasee ale vechilor cursuri și transgresiuni marine din Cuaternar.

Cordoanele de dune, lăsate de vechile transgresiuni, delimitează în prezent o serie de vaste depresiuni aluviale, izolate de cursurile de apă.

În condițiile climatului tipic sahelian, caracterizat printr-un lung sezon uscat (8-9 luni), fără ploi, și un sezon scurt de ploi (100-300 mm/an), pentru acest vast teritoriu, factorul decisiv de punere în valoare este apa.

În afara slabului aport pluvial, apa nu poate proveni decât din fluviul Senegal; dar acesta prezintă un regim hidrologic tipic și accentuat tropical, materializat printr-o singură creștere (în palier), prelungită din august până în noiembrie. Amplitudinea acestei creșteri variază între 1,5 și 2,5 m în partea centrală a deltei.

După mărirea acestei amplitudini se produc inundații în perimetrele deltei, prin revărsări peste malurile fluviului, prin intermediul vechilor alpii și brațe de derivație.

Dacă în perioada creșterii debitul fluviului este mult mai mare decât cerințele întregului teritoriu, la etaj acest debit scade considerabil, ajungând la câteva zeci de m<sup>3</sup>/s, amonte de Richard Toll, limitând folosințele.



Fig. 6.4. Zona geografică a fluviului Senegal.

Un alt aspect tot atât de grav ca și deficitul de apă îl reprezintă pătrunderea apelor sărate ale oceanului în amonte pe cursul de apă.

Datorită pantei generale extrem de reduse pe ultimii 200 km, precum și cotele fundului adesea negative amonte de vărsare, la debite mai mici de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  (la etiaj), se produce intrarea apelor marine amonte pe fluviu, ajungând până la 120-150 km, în perioada mai-iunie.

Aceasta face ca în fiecare an, în perioada în care apele oceanului au pătruns pe fluviu, acestea să nu fie utilizabile din cauza salinității. Această durată crește cu cât secțiunea de priză a apei este mai aproape de gura de vărsare.

În partea centrală a deltei, această fază se întinde din ianuarie și până la începutul lunii iulie.

Condițiile orohidrografice ale deltei condiționează zonarea agriculturii intensive și a tehnicilor de irigat astfel:

- pe perimetrele mai înalte se practică policultura, iar pe cele cu cote joase – rizicultura;
- resursele abundente de apă, în perioada de creștere a fluviului Senegal, permit derivarea și irigarea de tip gravitațional, pentru ca în perioadele de ape mici să se recurgă fie la restrângerea irigației, fie la pomparea apei, fie la limitarea suprafețelor cultivate;
- stadiul de salinizare al apei fluviului reprezintă o altă condiție în practicarea agriculturii.

Cele prezentate mai sus au rolul de a defini concepția soluțiilor de amenajare formulată inițial în perioada 1944-1945, reluată în 1960-1961, 1965-1968 și

finalizată în 1976, prin acte guvernamentale, în colaborare cu diferite organizații franceze.

## 6.2.2. CONCEPȚII ȘI SOLUȚII APLICATE ÎN DELTA ȘI PE CURSUL INFERIOR AL FLUVIULUI SENEGAL

Valorificarea deltei Senegalului cu ajutorul amenajărilor hidrotehnice a cunoscut câteva etape.

În perioada 1944-1945 s-au amenajat primele orezării în deltă, amonte de Richard Toll ( $S \approx 6.300 \text{ ha}$ ), folosind apa dulce a Senegalului, derivată, la niveluri ridicate, într-o vastă acumulare din deltă (Lac de Guiers).

În 1965 s-a creat un organism special, „Societatea de amenajare și exploatare a terenurilor din deltă” (S.A.E.D.), cu caracter industrial și comercial, care soluționează tehnic toate cerințele de amenajare.

Soluțiile tehnice au urmărit asigurarea irigației gravitaționale a noilor perimetre rizicole, folosind undele de viitură ale fluviului; în acest scop s-au întocmit studii hidrografice (fig. 6.5.) și hidrotopografice (fig. 6.6.) pentru a se localiza poziția și mărimea perimetrului inundabil, asigurându-se totodată durata de inundare minimă de 40 zile, ținând cont de ciclul de vegetație al orezului. Înălțimea minimă de submersiune de 0,10 m este indispensabilă. Deci, în fiecare secțiune de priză gravitațională a apei, în Senegal sau în brațele și albiile ce brăzdează delta, se urmărește asigurarea alimentării gravitaționale a unor perimetre maxime, în condițiile menționate și pentru gradul de asigurare dorit.

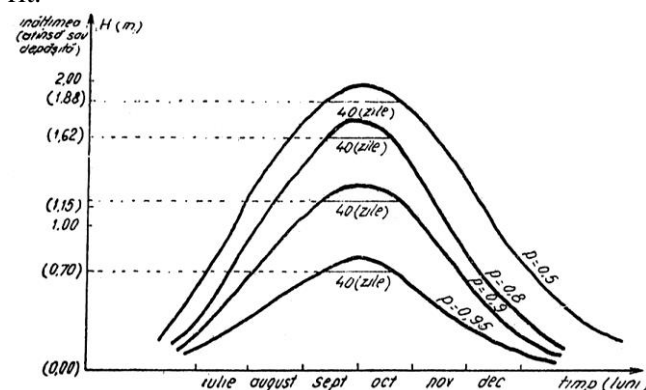


Fig. 6.5. Hidrograma descreșterii (apelor) în funcție de posibilitatea depășirii.

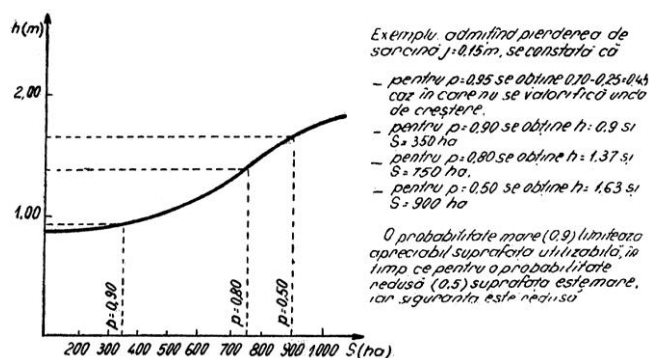


Fig. 6.6. Suprafața irigabilă a unui perimetru, în funcție de cota maximă admisă.

Graficul din fig. 6.6. permite a se localiza și determina suprafața irigabilă gravitațional, utilizând unda de viitură a fluviului și pentru un grad de asigurare rezonabil tehnic și economic.

Între înălțimea coloanei de inundare a orezului (rezonabil până la 0,30 m), mărimea perimetrelor inundabile gravitațional, performanțele echipamentelor hidraulice de submersie și producția scontată se stabilesc astfel de corelații încât să rezulte valori optime. Aici, producțiile de circa 3 tone/ha se consideră rezonabile, iar gradul de asigurare de 80% se acceptă în general, pentru alegerea perimetrelor irigabile gravitațional.

Pentru asigurarea submersiei „controlate” a perimetrelor din deltă s-a construit un dig periferic in-submersibil, lung de 80 km, dotat cu uvrage de prize gravitaționale, de-a lungul albiei minore a fluviului.

Circulația apei în deltă, pentru alimentarea perimetrelor, se asigură prin aducțiuni și distribuții gravitaționale, biefate și prevăzute cu prize echipate cu partitori proporționali (fig. 6.7), care asigură dirijarea controlată a apei în fiecare parcelă.

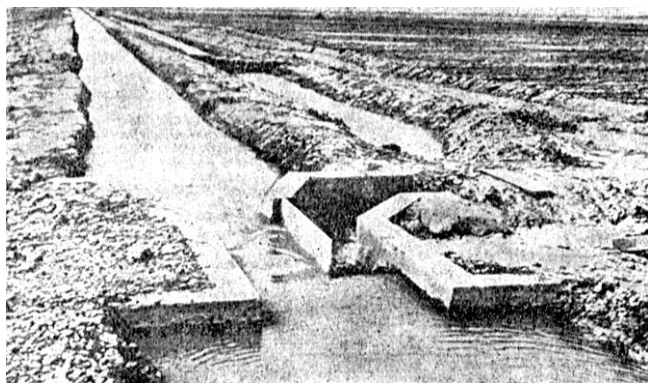


Fig. 6.7. Canal de irigație, având priza de apă echipată cu partitor.

Perimetrele rizicole sunt împărțite în unități altimetrice (cu diferențe de 0,30 m), prin digulețe pe curbe de nivel și canale de aducțiune cu fund plan, permițând submersia (unităților rizicole), începând cu punctele cele mai joase. Aceleași canale servesc și la evacuarea

apelor înainte de seceriș, fiind legate fie la brațele moarte (privalele, gârlele din deltă), fie la colectorul central artificial care a fost realizat pentru drenarea părții vestice a deltei, prin regularizarea brațului Lampsar. Acest canal – Lampsar – are folosințe complexe: drenaj, rezervor de apă dulce pentru orașul Saint-Louis și evacuatorul amenajărilor de irigații-orezării.

Primul perimetru rizicol dat în exploatare a fost Boundoum Nord ( $S = 2.500$  ha, în 1965). În cadrul unui potențial de 30.000 ha teren cultivabil, ritmul de amenajare și echipare a perimetrelor rizicole a fost: 3.000 ha în 1966, 5.000 ha în 1967, 6.600 ha în 1968 și 8.300 ha în 1969: restul a fost amenajat până în 1979.

În 1972 s-a stabilit un nou program de 5 ani în care amenajările rizicole din deltă se execută în parcele tarla de maximum 20-30 ha, pe curbele de nivel, având alimentări și evacuări independente, respectiv realizându-se o gospodărire dirijată a apei.

Problema stăpânirii apei, astfel ca să se asigure în tot timpul anului, în cantitate suficientă și la cotele necesare (atât în sezonul ploios, cât și în cel secetos), a impus importante și complexe măsuri de ordin hidro-tehnic, cât și organizatorico-demografic în lunca-delta fluviului Senegal.

Realizarea de rezerve de apă dulce, până la finele lunii decembrie, pe albiile de derivație din deltă, cu ajutorul pompărilor, a permis extinderea culturilor de tomate industriale și de grâu, în cadrul unor complexe agroindustriale de ordinul câtorva sute de ha.

În același scop, au fost realizate și amenajări speciale pe fluviul Senegal, cu rolul de a evita pătrunderea la etiaj, prin remuu, a apelor sărate de lagună, în amonte. S-a realizat astfel, în timp de trei ani, primul perimetru Dagana Gae ( $S = 3.000$  ha), în afara deltei, amonte de Richard Toll, în 1974. Acest perimetru este împărțit pentru rizicultură (recolte duble de orez pe an) și policultură, cu producerea în special a tomatelor pentru industrializare.

Cele mai importante amenajări, capabile de a asigura o resursă permanentă de apă dulce, sunt bazate pe studiile întreprinse prin F.A.O. asupra lucrărilor de pe Senegal, la Diama – Republicile Senegalului și Mauritaniei și la Manantali – Republica Mali. Construirea unui baraj submersibil la Diama, destinat să împiedice urcarea apelor marine pe albia minoră a Senegalului la etiaj, în deltă, cu stocarea apei dulci (în albia minoră), permite irigarea continuă a unei suprafețe de 50.000 ha teren aluvionar.

Construirea barajului Manantali – Mali permite asigurarea unui debit regularizat minim de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  și irigarea fie a 200.000 ha teren aluvionar, în absența barajului anti-sărătură din aval (Diama), fie a 300.000 ha în combinarea celor două amenajări (Diama și Manantali).

Barajul de la Dima, proiectat pe cursul inferior al fluviului Senegal, constituie o amenajare complexă, având scopul de a opri urcarea apelor din laguna sărată, pe albia minoră a fluviului Senegal, la etiaj, de a crea rezerve de apă dulce pentru irigații, de a asigura navigația pe fluviul Senegal.

Construcția cheie o constituie barajul mobil din beton (fig. 6.8, a; b), prevăzut cu 7 deschideri de câte

20 m lățime, echipate cu vane segment și o ecluză de 25 x 200 m.

Lucrările au fost promovate prin O.M.V.S. (Organizația pentru punerea în valoare a fluviului Senegal), iar studiile pe modele hidraulice, ca și proiectele în diferite faze au beneficiat de concursul SO-GREAH-ului, începând din anul 1976.

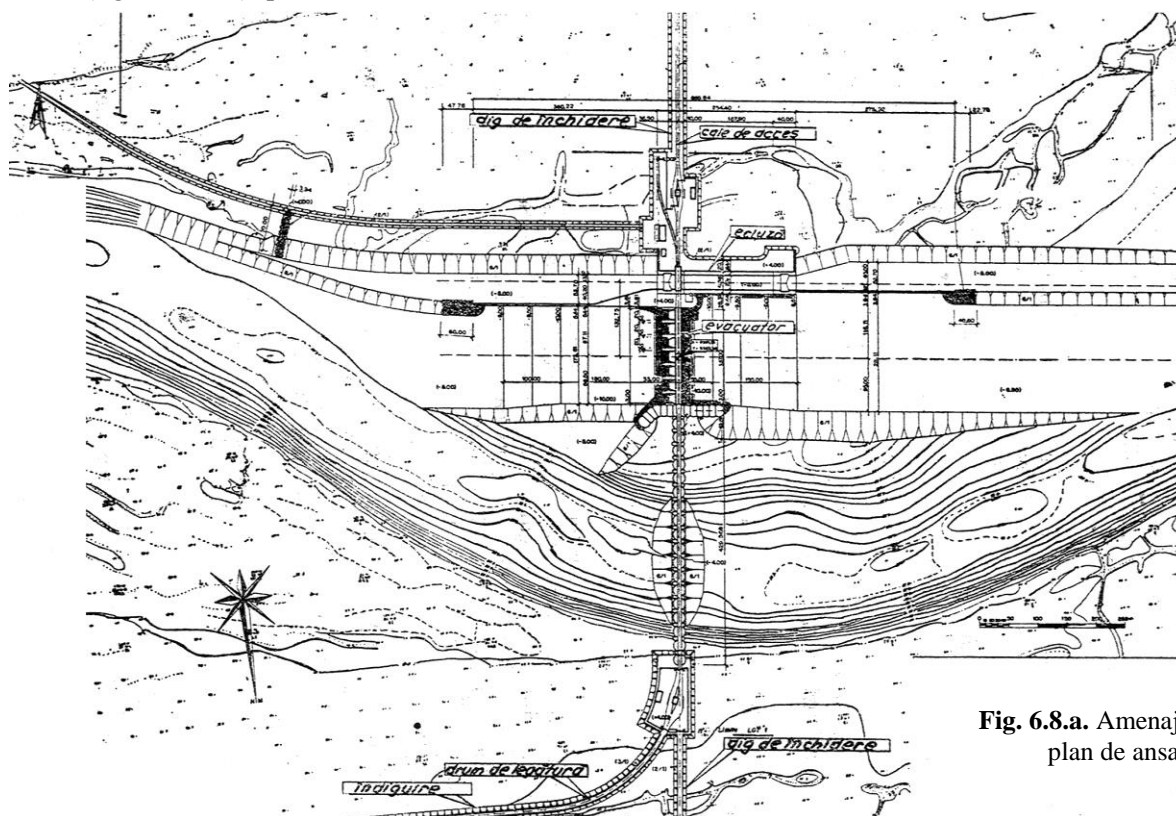


Fig. 6.8.a. Amenajarea Dima: plan de ansamblu.

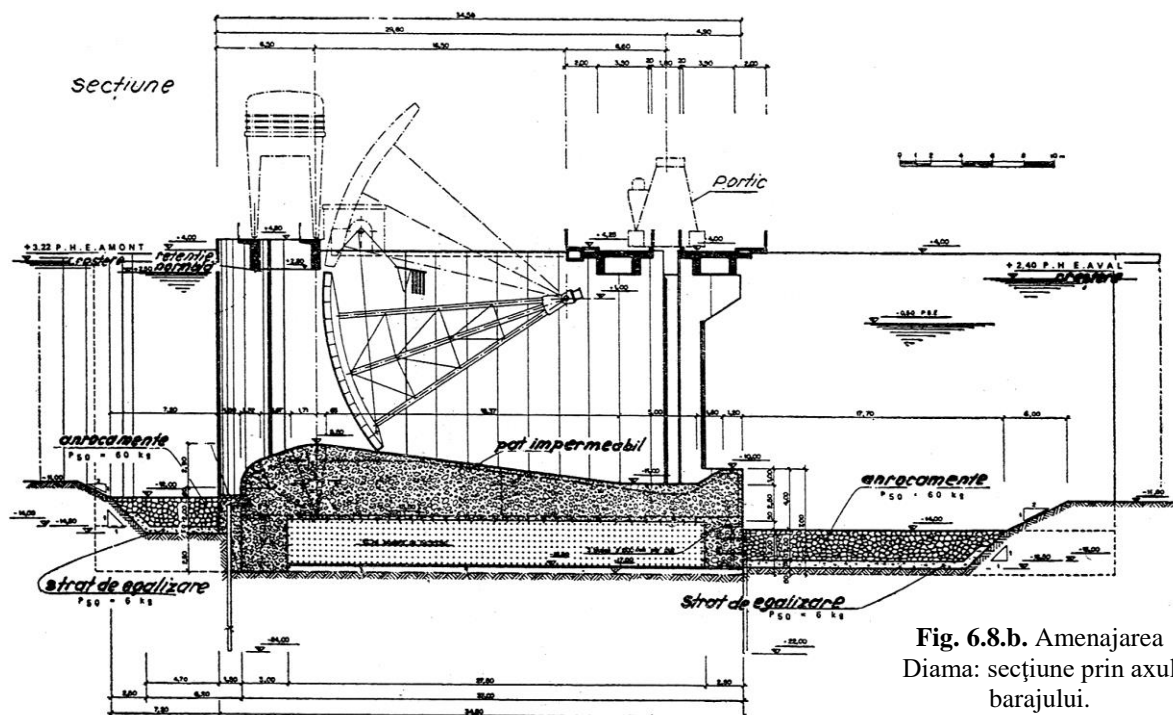


Fig. 6.8.b. Amenajarea Dima: secțiune prin axul barajului.

# SCHEMA HIDROTEHNICĂ COMPLEXĂ IAȘI

În contextul obiectivelor Programului Național de amenajare a bazinelor hidrografice și ale Programului Național pentru asigurarea unor producții sigure și stabile, colectivul catedrei de Hidraulică și Hidroameliorații (prof. V. Blidaru) de la Institutul Politehnic din Iași, în colaborare cu unitățile de profil, de studii și proiectare, de gospodărire a apelor și de îmbunătățiri funciare, și cu sprijinul organelor locale, a întreprins studii și a elaborat unele propuneri de amenajare hidrotehnică complexă a spațiului deficitar în surse de apă aferent bazinului hidrografic al râului Bahlui, care acoperă aproape integral teritoriul județului Iași și parțial, suprafețe din județele Botoșani și Bahlui.

## 7.1. DATE DE BAZĂ. POTENȚIAL IRIGABIL ȘI CERINȚE DE APĂ PENTRU IRIGAȚII, ALIMENTĂRI CU APĂ Ș.A.

Studiile întreprinse la scara 1/50.000 de catedra de Hidraulică și Hidroameliorații, ISPIF și ICPGA, asupra potențialului irigabil, cerințelor de apă și resurselor de apă interne și limitrofe teritoriului analizat, indică valorile ce se prezintă în continuare.

Din totalul suprafeței județului Iași, de 546.000 ha, suprafața agricolă de 401.491 ha (arabil, pășuni, fânețe, vii și livezi) prezintă raionarea pe pante și altitudini înscrisă în tabelul 7.1.

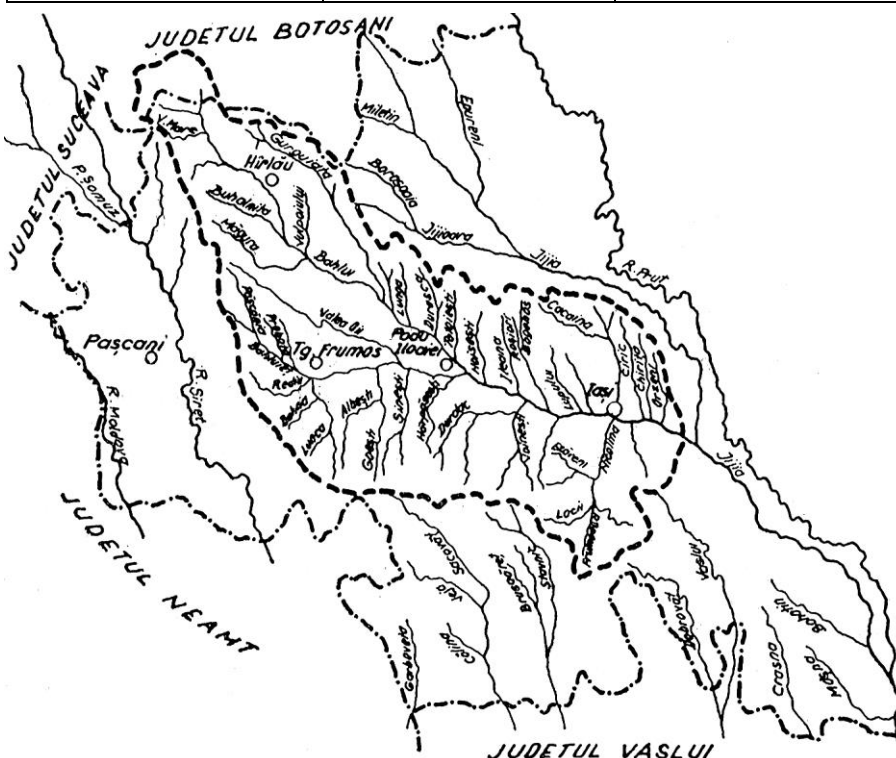
Volumul de apă necesar anual pentru acoperirea deficitului de apă la plantele specifice teritoriului aferent sistemului Iași, stabilit (șef lucr. dr. ing. H. Leib) prin metoda Thornthwaite, pentru condițiile de teren cu pan-

**Tabel 7.1.** Raionarea suprafeței agricole a județului Iași

După cartarea pantelor	Suprafața (ha)	După altitudini (cota mdMN)	Suprafața (ha)
până la 10%	232.070	până la 100 m	73.762
între 10 și 15%	101.068	între 100-150 m	135.124
între 15 și 20%	61.320	între 150-200 m	52.331
peste 20%	7.033	peste 200 m	140.274
Total agricol	401.491	Total agricol	401.491

**Tabel 7.2.** Normele de irigare pentru județul Iași (m<sup>3</sup>/ha)

Cultura	80% și panta I<10% (m <sup>3</sup> /ha)	80% și panta I>10% (m <sup>3</sup> /ha)
Porumb	2.962	3.284
Floarea soarelui	3.304	3.603
Sfeclă de zahăr	3.678	4.107
Legume	3.420	3.633
Grâu + porumb siloz	3.451	3.911
Vie + pomi	1.280	1.412
Lucernă	3.827	4.327



**Fig. 7.1.** Hidrografia județului Iași.

te ( $I_t$ ) sub 10% și peste 10%, pentru condiții fără aport freatic și la asigurarea de 80% înscrie valori ce oscilează între 1.280 m<sup>3</sup>/ha și 4.327 m<sup>3</sup>/ha (tabel 7.2). Acest teritoriu este străbătut de mai multe râuri (fig. 7.1).



– La est curge râul Prut, care ocupă cote joase de 35-30 m, iar ca debit disponibil este limitat de folosințele din amonte și aval și de condițiile rezultate din statutul său de râu de frontieră.

– Zona cea mai secetoasă a teritoriului, cuprinsă între Iași – Strunga – Hârlău – Bivolari, cu soluri cu mare potențial, este brăzdată de râurile Jijia și Bahlui, râuri de stepă, cu debite mici și de calitate inferioară și care în perioadele secetoase scad atât de mult, încât nu pot asigura nici apa necesară irigațiilor grădinilor de legume de pe malurile lor.

Sursa	Debit mediu lunar minim (m <sup>3</sup> /s)	Debit mediu anual (m <sup>3</sup> /s)
Jijia	0,06 (iunie-august cu asigurare 80%)	3,49
Bahlui	0,13 (iunie-august cu asigurare 80%)	1,65
Pânze subterane	0,028	

– În partea de vest a teritoriului curg râurile Siret și Moldova, râuri cu debite mai mari și cu viituri abundente, care provoacă frecvente inundații. Totodată, aceste râuri curg pe lunci înalte, cu cote dominante față de stepa Jijia – Bahlui. Astfel, râul Moldova, la Moțca, are cota luncii la 270,0 m, iar râul Siret, la Pașcani, are cota 210,0 m, cu circa 40 m superioară dealurilor și platourilor de la Hârlău la Bivolari și de la Hârlău la Iași, culmi care scad de la 180 m la 150 m la est de comuna Holboca, ajungând în luncă la 38-32 m (Gorban).

Dezvoltarea zootehniei județului Iași, ca și alimentarea cu apă a comunelor, întâmpină greutăți din cauza lipsei surselor de apă subterane.

Geologic, teritoriul județului Iași este format din marne și argile sarmatice acoperite parțial cu un orizont de luturi și nisipuri cuaternare, cu o pânză subțire de apă, alimentată din precipitații și care, în anii secetoși, scade până la secare, oamenii care au case pe versanții dealurilor trebuind să-și aducă apă cu găleata de la fântânile situate pe lunci.

Zonele de lunci au o pânză de apă ceva mai bogată decât pe versanți, care prezintă însă multe săruri spălate de pe marnele salifere ale dealurilor. După normele în vigoare, multe din apele acestor fântâni sunt nepotabile.

Luncile râurilor Moldova, Siret și Prut au pânze subterane bogate, însă, dintre aceste trei lunci numai aceea a râului Moldova și a afluenților săi are debite mari și de calitate foarte bună; apele subterane ale Siretului și Prutului conțin multe săruri și au duritate ridicată, încât, după normativele în vigoare, sunt nepotabile fără tratare prealabilă.

În secțiunea Lespezi (amonte de orașul Pașcani), râul Siret are un debit multianual de 26 m<sup>3</sup>/s, la care corespunde un volum anual de 820 milioane m<sup>3</sup> apă.

Față de deficitul total de apă al județului Iași, stocul multianual utilizabil al resurselor proprii (în afara râurilor limitrofe Prut și Siret) – în ipoteza regularizării complexe, care se estimează la 140 milioane m<sup>3</sup>/an, reprezintă abia 15% din necesar.

Capacitatea resurselor naturale de apă (râuri și ape subterane), a acumulărilor existente (Tansa-Belcești, Plopi, Podu Iloaiei, Ciurbești, Ezăreni, Aroneanu, Sârca) și a celor în execuție – noi sau în completare (Hălceni, Tungujel, Reditu, Poeni, Dobrovăț, Pârcovaci), este angajată la limită superioară pentru alimentarea cu apă a amenajărilor de irigații existente sau în curs de execuție.

Față de această situație, singura posibilitate de a alimenta cu apă teritoriul deficitar aferent bazinului hidrografic Bahlui – Jijia – Bârlad rămâne râul Siret și afluentul său principal, râul Moldova.

## 7.2. MĂSURI ȘI SOLUȚII VECHI DE CREȘTERE A VOLUMELOR DE APĂ ÎN B.H. BAHLOI

Pentru a se valorifica mai bine apele locale din precipitații, cu mari variații, specifice zonei de est a țării, cu climat excesiv continental, specialiștii din trecut, la nivelul tehnicii de atunci, au întreprins o serie de studii și acțiuni, în vederea asigurării unor surse de apă:

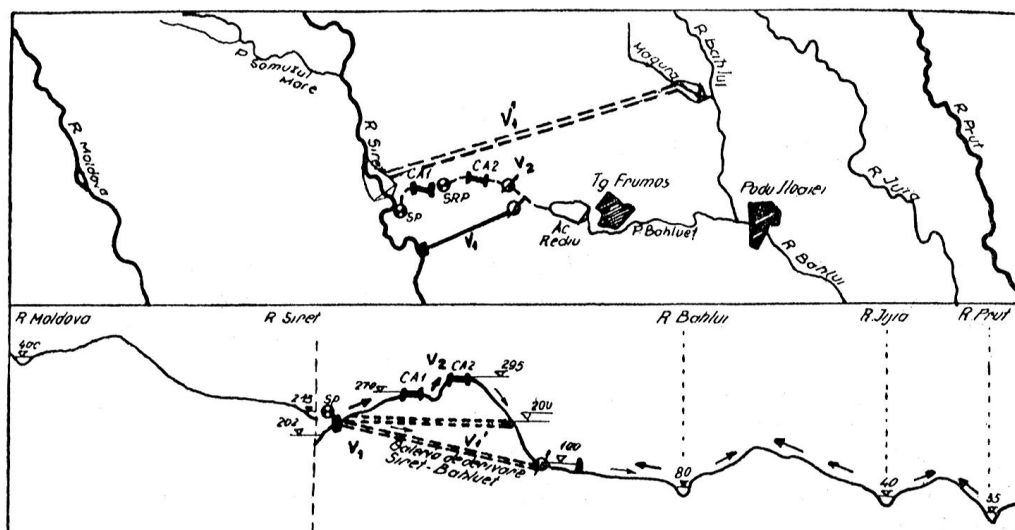
– încă din secolul XV-XVI au fost create zeci de iazuri pentru reținerea apelor locale. Această acțiune se continuă și în prezent, la scara cerințelor și posibilităților actuale. Zona de est a țării prezintă cea mai densă rețea de iazuri – acumulări din țară, datorită condițiilor menționate;

– cu 50 de ani în urmă, specialiștii constituiți în Grupul Hidrotehnic Român – G.H.R. (figură marcantă prof. ing. Ion Andriescu Cale), au analizat soluția de transfer de apă din râul Siret spre râul Bahlui;

– ulterior, în perioada 1960-1978, alți specialiști de la Iași, București și Galați au analizat în mai multe variante două soluții de transfer de apă din Siret pentru județul Iași, prin intermediul râului Bahlui și râului Bahlui – în regim neregularizat al râului Siret și în regim regularizat.

*Soluția în regim neregularizat* (transfer în perioade de ape mari pe râul Siret) prevedea tranzitarea spre Bahlui a unui debit de până la 5 m<sup>3</sup>/s, cu înmagazinarea acestuia într-un lanț de acumulări cu pompări succesive. Priza de captare era preconizată în apropierea localității Rotunda; acumulările puteau fi folosite și pentru piscicultură.

*Soluția în regim regularizat*, prin acumularea Cotu Domniței Pașcani ( $V_T = 35$  milioane m<sup>3</sup> și  $V_u = 30$  mil. m<sup>3</sup>), a fost studiată în mai multe variante (fig. 7.2):



**Fig. 7.2.** Schema transferului apei din râul Siret în râul Bahlui și posibilități de irigații, în vechile soluții.

–  $V_1$  – priză cu nivel liber la Siret, aval de orașul Pașcani, cu aducțiune prin galerie ( $V_1$ ) sau, tot cu aducțiune prin galerie, dar cu priză în acumularea Cotu Domnitei ( $V_1'$ );

– V<sub>2</sub> – priză prin pompare folosind soluția sistemului de irigații Ruginoasa – Heleșteni;

– V<sub>3</sub> – cu aducțiuni prin 2 ramificații – spre Bahlueț, prin sistemul Ruginoasa – Valea Rediu și spre Bahlui, prin sistemul Ruginoasa – Valea Măgura.

– După 1978-1980 au mai fost analizate și alte variante de transfer al apei spre b.h. Bahlui, având ca sursă tot râul Siret.

În prezent, unitățile de profil (I.C.P.G.A., I.S.P.I.F. și Facultatea de Hidrotehnică Iași) colaborează la fundamentarea – prin studii ample (și de teren) a soluției optime de alimentare cu apă a zonei respective.

### 7.3. SCHEMA HIDROTEHNICĂ COMPLEXĂ IAȘI, CU ROL PRIORITAR – IRIGAȚII, ALIMENTĂRI CU APE ȘI COMPLEMENTAR – ENERGIE

Soluția de amenajare complexă a spațiului b.h. Bahlui, elaborată de colectivul Catedrei de Hidraulică și Hidroameliorații (I.P. Iași), se încadrează în schema-cadru de amenajare a spațiului Siret – Prut, elaborată de Institutul de Cercetări și Proiectări pentru Gospodărirea Apelor (I.C.P.G.A.), în colaborare cu toate unitățile centrale interesate.

În fig. 7.3 se prezintă o schiță simplificată a zonei superioare a schemei-cadru Siret – Prut, cu înc-

drarea canalelor magistrale ale schemei hidrotehnice complexe Iași.

Așa cum se vede din schiță, una din ideile de bază ale schemei-cadru Siret – Prut este realizarea de transferuri de debite din b.h. Siret spre spațiile deficitare ale bazinelor Jijiei, Bahluiului și Bârladului, corelate cu realizarea unor acumulări în bazinul superior al Siretului.

Transferul de debite din râul Siret (inclusiv cu suplimentare din râul Moldova) spre

b.h. Bahlui constituie premisa esențială și a schemei hidrotehnice complexe Iași, ca singura sursă de apă accesibilă pentru această zonă deficitară.

Ideea călăuzitoare a schemei de amenajare este folosirea diferențelor de nivel dintre lunca Siretului și cea a terenurilor din spațiul b.h. Bahlui pentru distribuția gravitațională a apei prin canale magistrale amplasate pe versanți, la cote dominante.

Sistemul hidrotehnic complex (fig. 7.4) include acumulările din b.h. Siret cu captările și transferurile de debite spre b.h. Bahlui, acumulări și microacumulări în bazinul Bahluiului, canale magistrale și de distribuție, galerii, apeducte, conducte, microhidrocentrale electrice care valorifică toate căderile locale din sistem, rețele centralizate de alimentare cu apă a localităților și complexelor agrozootehnice, amenajările interioare pentru irigații, combaterea eroziunii solului, drenaje, amenajări silvice, amenajări piscicole etc.

În urma analizelor pe planuri la sc. 1/50.000 și în baza datelor statistice și a unor calcule aproximative, au fost reținute posibilități de irigare a unei suprafețe de circa 240.000 ha, aprovizionarea cu apă a 35 comune și centre agrozootehnice, concentrate în jurul a 19 surse de alimentare cu apă, constituite prin intermediul unor acumulări locale.

### 7.3.1. ACUMULAREA COTU DOMNIȚEI – PAȘCANI

*Sursă de apă* a sistemului o constituie râul Siret, prin *acumularea Cotu Domniței – Pașcani*, prevăzută în schema-cadru de amenajare a spațiului Siret – Prut.

Această acumulare a fost studiată în anii 1981-1985 de către I.C.P.G.A. București, la nivel de Studiu de Amplasament.

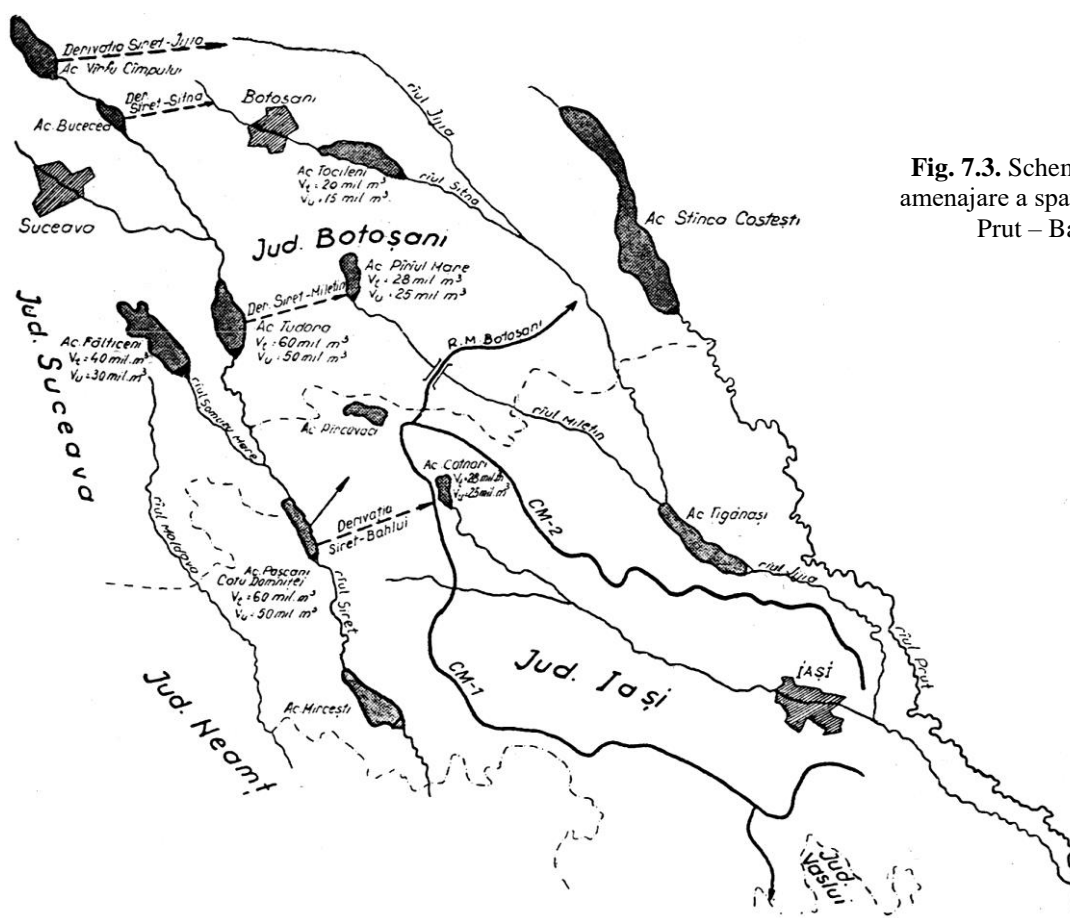


Fig. 7.3. Schema-cadru de amenajare a spațiului Siret – Prut – Bahlui.

Totodată, s-au studiat și proiectat de către I.S.P.I.F. București și I.G.E.C.O.T. București lucrările de combatere a eroziunii solului în bazinele hidrografice afluate ale pâraielor Valea Magazinei din comuna Probota, Valea Trestioara, Valea Conțeasca și pâraul Sirețel. De asemenea, s-au proiectat lucrările de desecare a suprafețelor de luncă dintre acumulare și versantul drept al Siretului, din zona Heci – Pașcani, precum și amenajarea pentru irigații în zona Heci.

Barajul acumulării propus pentru faza de Notă de Comandă constă dintr-un baraj frontal din materiale locale, care pleacă de la versantul dealului Hârtoape spre vest până la 200 m de calea ferată Pașcani – Suceava.

Parametrii de gospodărire a apelor sunt:

– volum total	60 milioane m <sup>3</sup>
– volum util	50 milioane m <sup>3</sup>
– volum colmatare	10 milioane m <sup>3</sup>

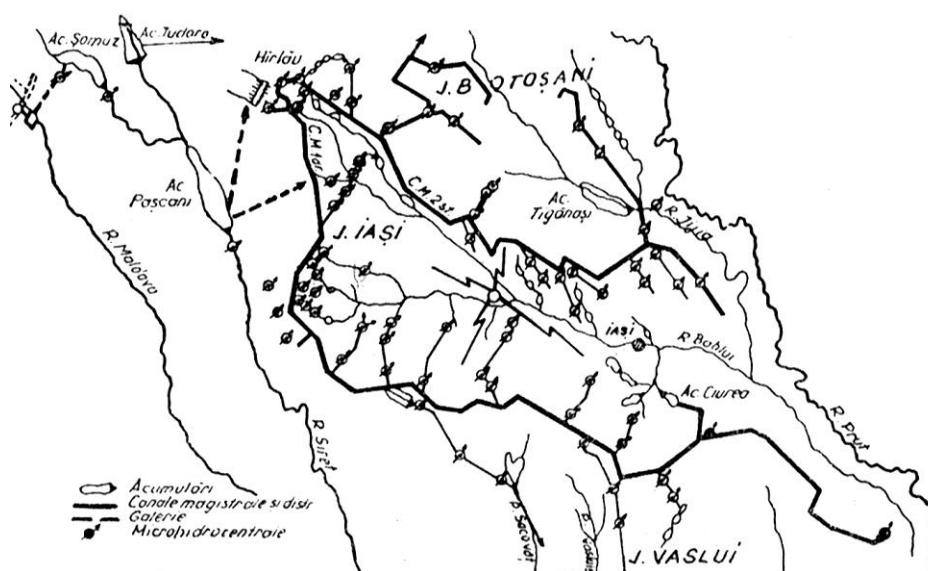


Fig. 7.4. Schema hidrotehnică complexă Iași, cu rol prioritar – irigații, alimentări cu apă și complementar – energie. Propunere orientativă.

– nivel normal de retenție	221,00 mdM
– nivel minim de exploatare	215,00 mdM
– cotă coronament baraj	223,00 mdM
– înălțime baraj	17,00 m
– suprafață lac	1.600 ha

Scopul acumulării Cotu Domniței este complex:

alimentări cu apă, atenuarea viiturilor, protejarea terenurilor de inundații, irigații, hidroenergie.

În vederea suplimentării stocului de apă al Siretului superior, pentru asigurarea cerințelor spațiului deficitar al b.h. Bahlui, în schema-cadru se preconizează o captare de debite din râul Moldova cu transfer spre râul Șomuz, care se varsă în Siret amonte de acumulara Cotul Domniței – Pașcani.

Autorii schemei complexe Iași (colectiv prof. V. Blidaru) propun o posibilă captare din pânza subterană a râului Moldova, prin realizarea unui baraj subteran (fig. 7.5), după modelul unor asemenea captări realizate în China. În acest caz, se prevede un transfer constant de debite din râul Moldova de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , ceea ce înseamnă un volum anual de circa 90 milioane  $\text{m}^3$ , cu care se suplimentează stocul Siretului în vederea transferului de debite spre b.h. Bahlui.

### 7.3.2. DERIVAȚIA SIRET – BAHULUI

Transferul debitelor din acumulara Cotu Domniței – Pașcani spre b.h. Bahlui urmează a se realiza cu ajutorul unei galerii ca în fig. 7.6.

Captarea ar urma să țină seamă de nivelurile oscilante din acumulare și să evite preluarea de aluviuni. De aceea, ea urmează a fi amplasată în apropierea barajului, și cota minimă a prizei să se situeze la nivelul minim de exploatare al acumulării (fig. 7.7).

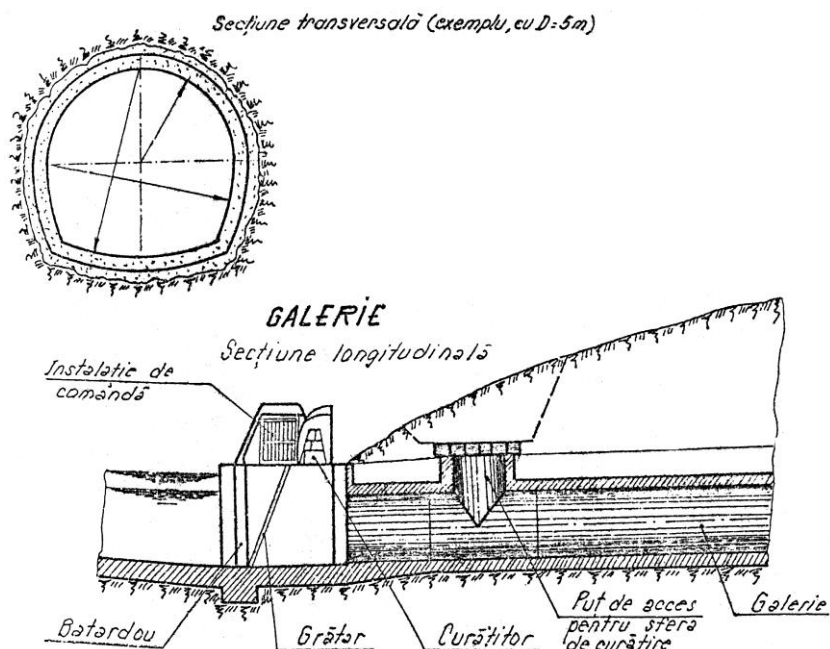


Fig. 7.6. Galerie.

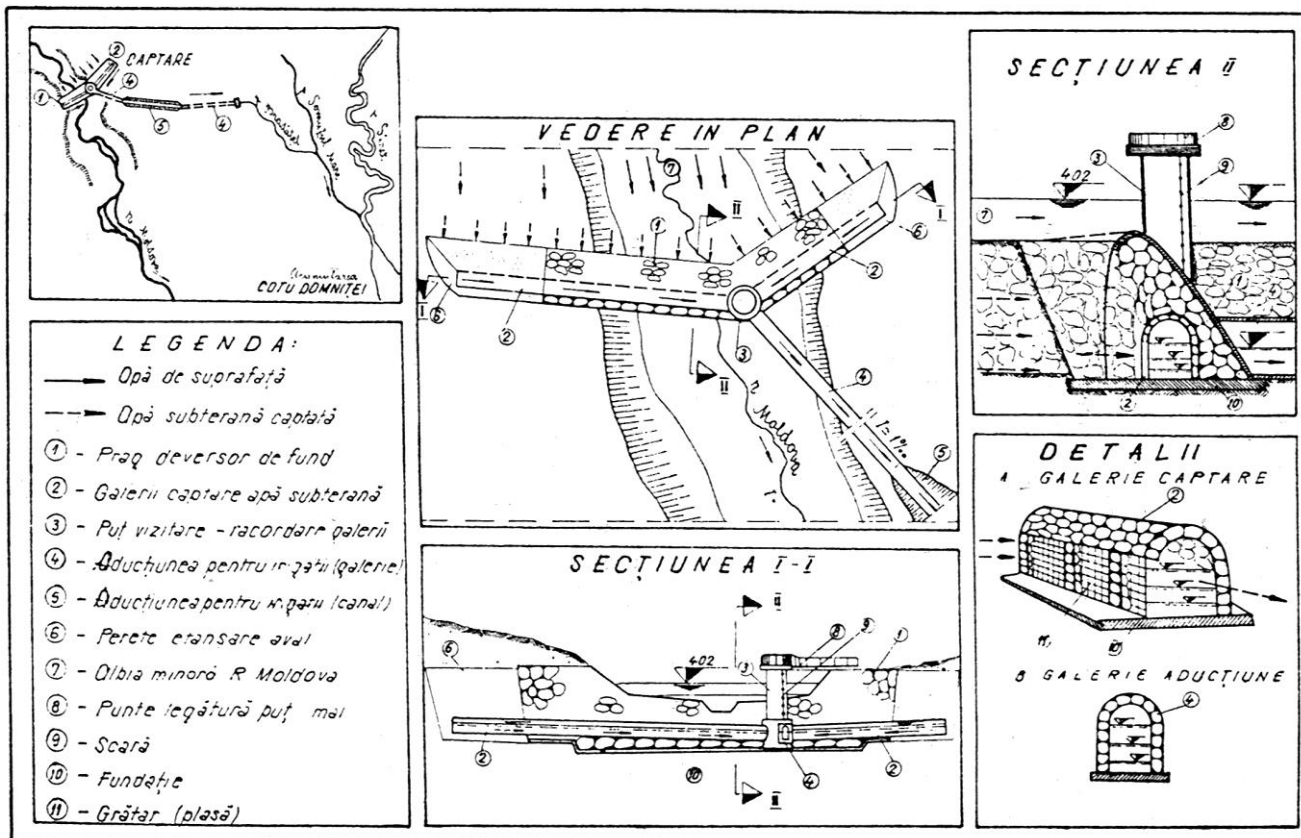
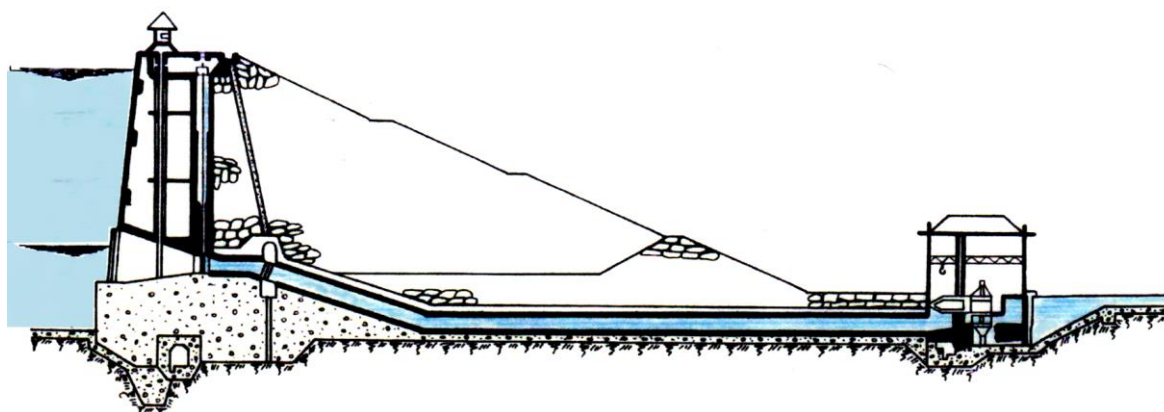


Fig. 7.5. Soluție de captare de sub albie (râul Moldova) cu aducțiune gravitațională (în râul Siret – Ac. Cotu Domniței).



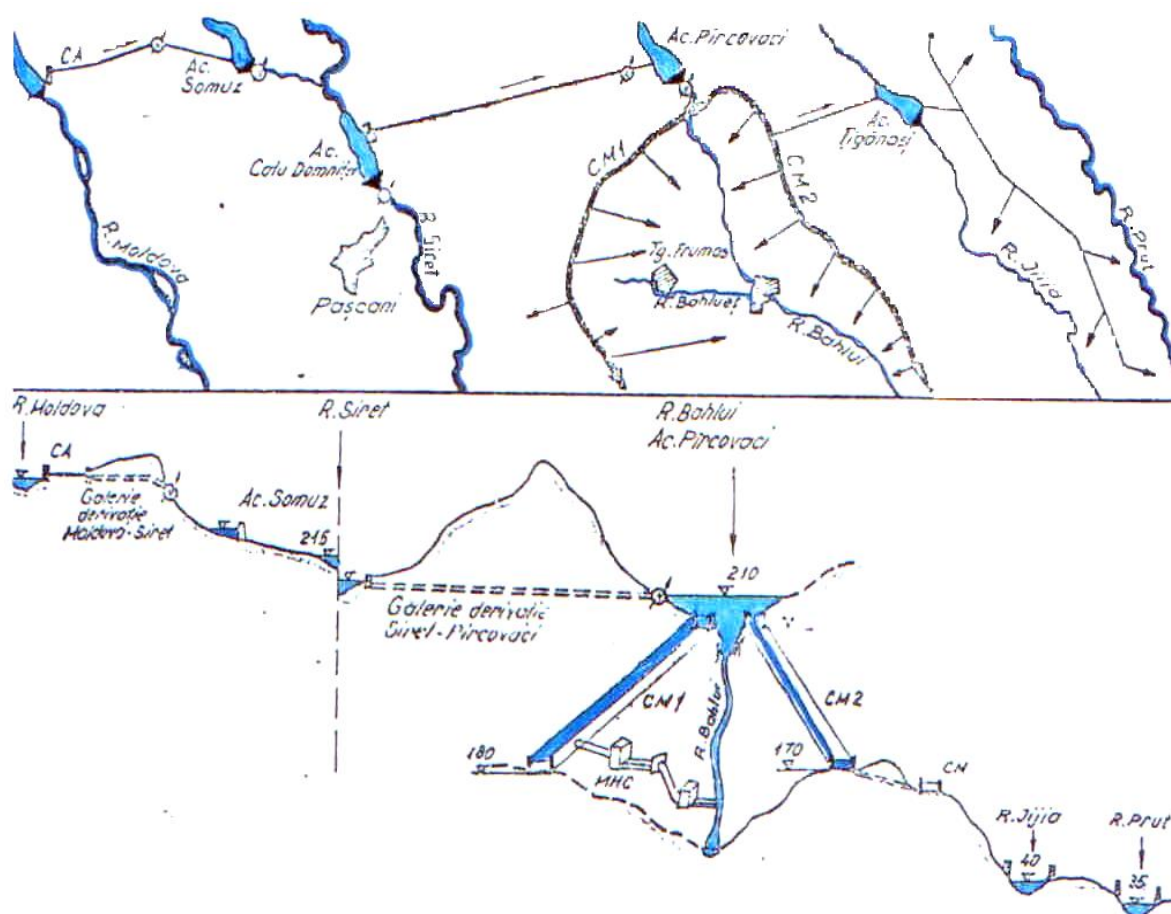
**Fig. 7.7.** Tip de captare a apei din acumulare, prin intermediul unui turn cu ferestre și uzinarea acesteia – se captează apa de suprafață: caldă, oxigenată, fără aluviuni, aerisită și caldă.

În ce privește soluția posibilă de transfer, s-au studiat mai multe variante. Colectivul Catedrei din Iași a propus o variantă de transfer prin intermediul unei mari acumulări în zona superioară a b.h. Bahlui, amonte de Hârlău – Pârcovaci (fig. 7.8).

Avantajul acestei soluții constă în existența unei mari acumulări, la o cotă dominantă, de unde, gravitațional, se poate realiza o gospodărire optimă a debitelor pentru toate folosințele spațiului amenajat. În această soluție, transferul de debite din Siret (ac. Pașcani) se

face predominant în lunile de primăvară, în restul anului conținând mai ales pe debitele tranzitate constant din râul Moldova ( $3\text{m}^3/\text{s}$ ). Graficul unui asemenea transfer posibil este prezentat în fig. 7.9.

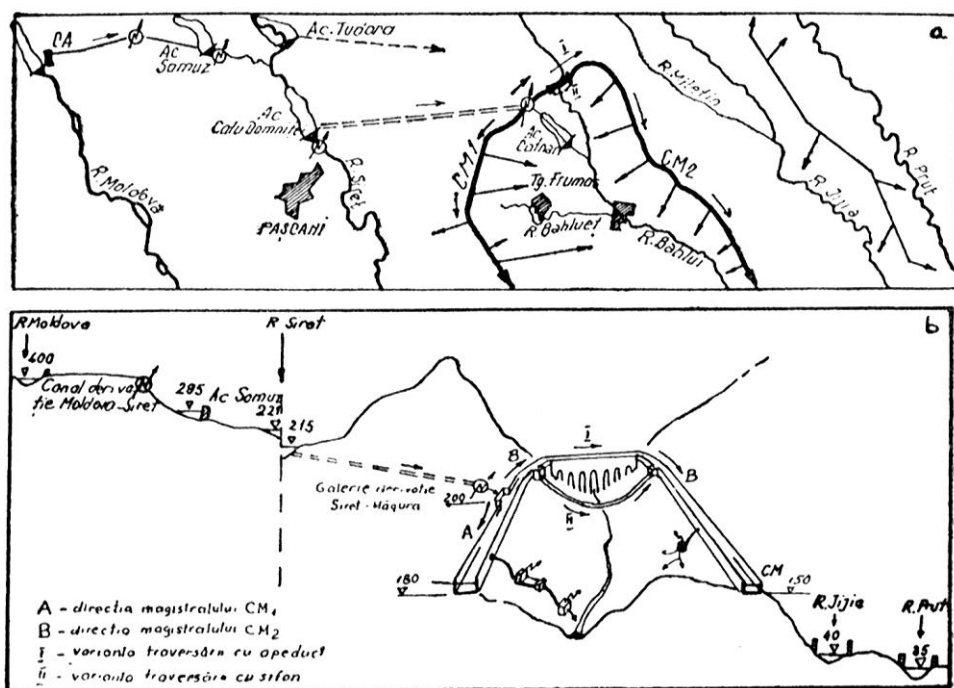
Însă, o asemenea acumulare în amplasamentul Pârcovaci prezintă și dificultăți. În primul rând, pentru că pe un amplasament amonte există deja o acumulare, realizată recent, care regularizează debitele proprii ale Bahluiului superior și constituie sursă de apă potabilă pentru orașul Hârlău.



**Fig. 7.8.** Schema transferului apei din râul Moldova → râul Siret → b.h. Bahlui – prin acumularea Pârcovaci ( $S_1$ ).



Fig. 7.9. Regim de derivare propus.

Fig. 7.10. Schema transferului apei din R. Moldova → R. Siret → b.h. Bahlui, în soluția S<sub>2</sub>: a - plan; b - secțiune.

În plus, amplasamentul propus ar presupune dezafectarea satului Pârcovaci (circa 500 case).

Posibilitatea realizării unui baraj de mari dimensiuni în această zonă va ține seama de condițiile geologice ale terenului, care, chiar și pentru barajul actual, de dimensiuni mult mai mici, a ridicat probleme deosebite.

De aceea, în schema-cadru se prevede derivarea debitelor spre Valea Măgura - Cotnari, cu o acumulare tampon pe Valea Măgurii (figura 7.10).



### 7.3.3. AMENAJĂRI INTERIOARE

#### 7.3.3.1. Canalele magistrale și de distribuție

În ideea distribuției gravitaționale a apei în întregul sistem hidrotehnic, indiferent de soluția de transfer (prin acumularea Pârcovaci sau Măgura-Cotnari), autorii schemei au preconizat amenajarea unor canale magistrale ( $CM_1$  și  $CM_2$ ), pe versanții drept și stâng ai râului Bahlui, la cote de 200-180 m ( $CM_1$ ) și 180-135 ( $CM_2$ ), ca și ramificațiile și canalele de distribuție aferente fiecărui magistral (tabel 7.3 și fig. 7.11).

*Canalul magistral  $CM_1$*  – dreapta, în lungime 153,70 km, distribuie apa prin cele 26 canale de distribuție, inclusiv pe Ramificația Vaslui, cu un debit inițial de  $61 \text{ m}^3/\text{s}$  și pe ultimul tronson de  $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$ , pentru irigarea unei suprafețe de 115.000 ha.

*Canalul magistral  $CM_2$*  – stânga, în lungime de 111,20 km, distribuie apa prin cele 17 canale de distribuție, inclusiv pe Ramificația Botoșani, cu un debit inițial de  $76 \text{ m}^3/\text{s}$  și pe ultimul tronson de  $17,65 \text{ m}^3/\text{s}$ , pentru irigarea unei suprafețe de 126.000 ha.

#### 7.3.3.2. Alimentarea cu apă a centrelor populate rurale și a sectoarelor zootehnice

Alimentarea cu apă și canalizarea centrelor populate rurale reprezintă unul din elementele de bază ale modernizării, iar preluarea apelor uzate și a dejecțiilor de la complexele zootehnice – o problemă majoră pentru prevenirea poluării. Față de alte județe ale țării, din cauza resurselor sărace de apă, județul Iași are un număr mai redus de localități racordate la rețeaua de alimentare cu apă. Lipsa apei subterane îngreuează amplasarea complexelor zootehnice și deci, dezvoltarea zootehniei și a industriei agroalimentare.

Pentru a ușura problema alimentării cu apă a centrelor populate rurale și a zootehniei (inclusiv sectorul piscicol) din raza de acțiune a sistemului de irigații, s-a propus racordarea acestora la această sursă de apă proiectată (fig. 7.12).

Au rămas în afară comunele din luncile Prutului, Siretului și Moldovei, precum și din văile adiacente acestor lunci, localități care urmează a se alimenta cu apă din pânza subterană.

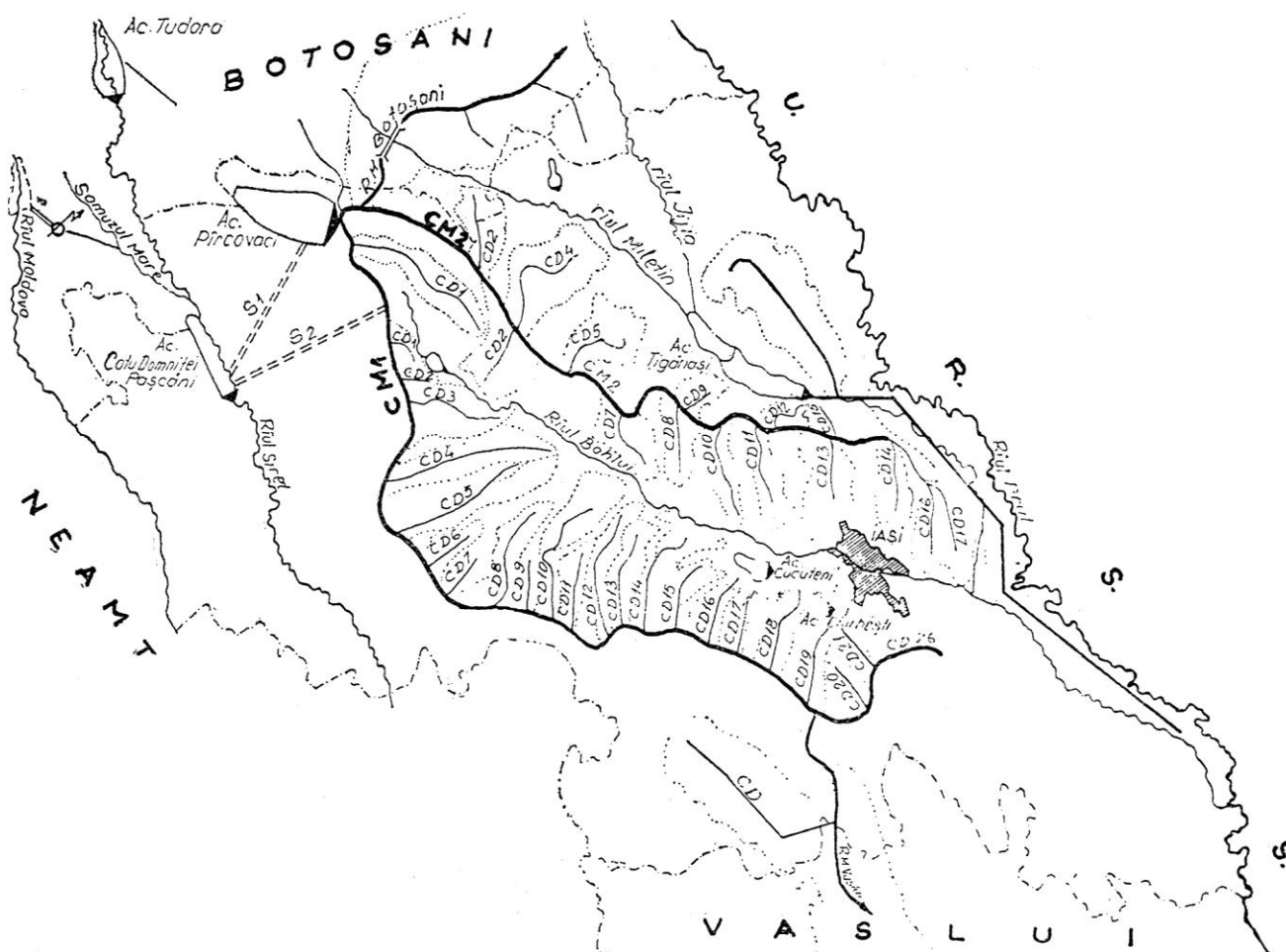


Fig. 7.11. Canalele magistrale și rețeaua de distribuție  $CM_1$  și  $CM_2$ .



**Tabel 7.3.** Date orientative asupra caracteristicilor tehnice ale rețelei de canale cu suprafețele aferente irigabile

Canalul magistral	Tronson	Lungime tronson (m)	Debit tronson (m <sup>3</sup> /s)	Canale de distribuție C.D.	Lungime C.D. (m)	Debit C.D. (m <sup>3</sup> /s)	Suprafață irigabilă C.D. (ha)
CM <sub>1</sub>				CD <sub>1</sub>	1.000	0,46	1.600
CM <sub>1</sub>	I	5.100	61,79	CD <sub>2</sub>	3.750	0,36	1.500
CM <sub>1</sub>				CD <sub>3</sub>	7.550	0,59	1.700
CM <sub>1</sub>	II	5.400	60,96	CD <sub>4</sub>	2.000	1,36	2.700
CM <sub>1</sub>	III	7.400	59,12	CD <sub>5</sub>	32.000	8,52	11.100
CM <sub>1</sub>	IV	5.000	50,60	CD <sub>6</sub>	3.300	0,46	2.600
CM <sub>1</sub>				CD <sub>7</sub>	18.000	4,61	5.700
CM <sub>1</sub>	V	4.500	50,15	CD <sub>8</sub>	7.900	0,30	1660
CM <sub>1</sub>	VI	5.500	45,04	CD <sub>9</sub>	8.760	1,04	2.350
CM <sub>1</sub>	VII	10.700	44,00	CD <sub>10</sub>	2.000	0,61	2.800
CM <sub>1</sub>	VIII	5.000	43,29	CD <sub>11</sub>	3.200	0,61	3.800
CM <sub>1</sub>	IX	3.600	42,77	CD <sub>12</sub>	12.000	1,96	3.550
CM <sub>1</sub>	X	16.300	40,81	CD <sub>13</sub>	17.300	2,73	3.500
CM <sub>1</sub>	XI	7.500	38,08	CD <sub>14</sub>	12.100	1,23	2.600
CM <sub>1</sub>	XII	5.600	36,87	CD <sub>15</sub>	14.900	1,84	2.400
CM <sub>1</sub>	XIII	7.500	35,01	CD <sub>16</sub>	7.800	1,30	2.700
CM <sub>1</sub>	XIV	8.000	33,71	CD <sub>17</sub>	28.800	6,22	8.940
CM <sub>1</sub>	XV	9.500	27,49	CD <sub>18</sub>	12.000	1,23	2.600
CM <sub>1</sub>	XVI	7.200	26,26	CD <sub>19</sub>	7.900	1,69	3.200
CM <sub>1</sub>	XVII	5.000	24,57	CD <sub>20</sub>	5.100	0,61	2.800
CM <sub>1</sub>	XVIII	9.500	23,96	CD <sub>21</sub>	2.500	0,31	2.400
CM <sub>1</sub>				CD <sub>22</sub>	15.500	3,92	5.100
CM <sub>1</sub>	XIX	4.000	19,74	RMV(x)	81.150	16,89	22.000
CM <sub>1</sub>	XX	4.000	2,84	CD <sub>24</sub>	3.500	1,22	1.800
CM <sub>1</sub>	XXI	11.050	1,61	CD <sub>25</sub>	3.500	1,23	2.400
CM <sub>1</sub>	XXII	5.350	0,38	CD <sub>26</sub>	2.000	0,38	4.500
Total pe CM <sub>1</sub>		153 700		26	321 250		115.000
CM <sub>2</sub>	I	2.350	76,10	CD <sub>1dr</sub>	34.000	7,51	9.800
CM <sub>2</sub>	II	16.200	68,59	RMBst(xx)	35.000	24,70	32.267
CM <sub>2</sub>	III	12.000	47,89	CD <sub>2st</sub>	48.600	6,44	12.400
CM <sub>2</sub>				CD <sub>3dr</sub>	9.000	7,35	9.400
CM <sub>2</sub>	IV	11400	41,45	CD <sub>4st</sub>	39.430	4,75	6.200
CM <sub>2</sub>	V	8.900	35,40	CD <sub>5st</sub>	18.500	2,68	3.500
CM <sub>2</sub>	VI	21.000	32,72	CD <sub>6dr</sub>	6.100	1,68	2.200
CM <sub>2</sub>	VII	3.000	31,04	CD <sub>7st</sub>	12.250	2,60	3.400
CM <sub>2</sub>	VIII	10.400	28,44	CD <sub>8dr</sub>	8.700	1,07	2.400
CM <sub>2</sub>				CD <sub>9dr</sub>	7.100	0,69	1.900
CM <sub>2</sub>	IX	7.600	27,37	CD <sub>10st</sub>	3.900	0,53	1.503
CM <sub>2</sub>				CD <sub>11st</sub>	2.900	0,58	1.750
CM <sub>2</sub>	X	5.000	25,57	CD <sub>12st</sub>	5.150	0,57	1.740
CM <sub>2</sub>	XI	4.000	25,00	CD <sub>13st</sub>	22.700	2,99	4.900
CM <sub>2</sub>				CD <sub>14dr</sub>	12.000	1,92	4.500
CM <sub>2</sub>	XII	6.000	20,09	CD <sub>15dr</sub>	12.250	1,14	2.480
CM <sub>2</sub>				CD <sub>16st</sub>	17.100	1,30	2.700
CM <sub>2</sub>	XIII	4.000	17,65	CD <sub>17dr</sub>	33.350	17,65	22.960
Total pe CM <sub>2</sub>		111 200		17	327 930		126.000
TOTAL SUPRAFAȚĂ IRIGABILĂ = 241 000 ha							

RMV (x) – ramificație magistrală Vaslui.

RMB(xx) – ramificație magistrală Botoșani

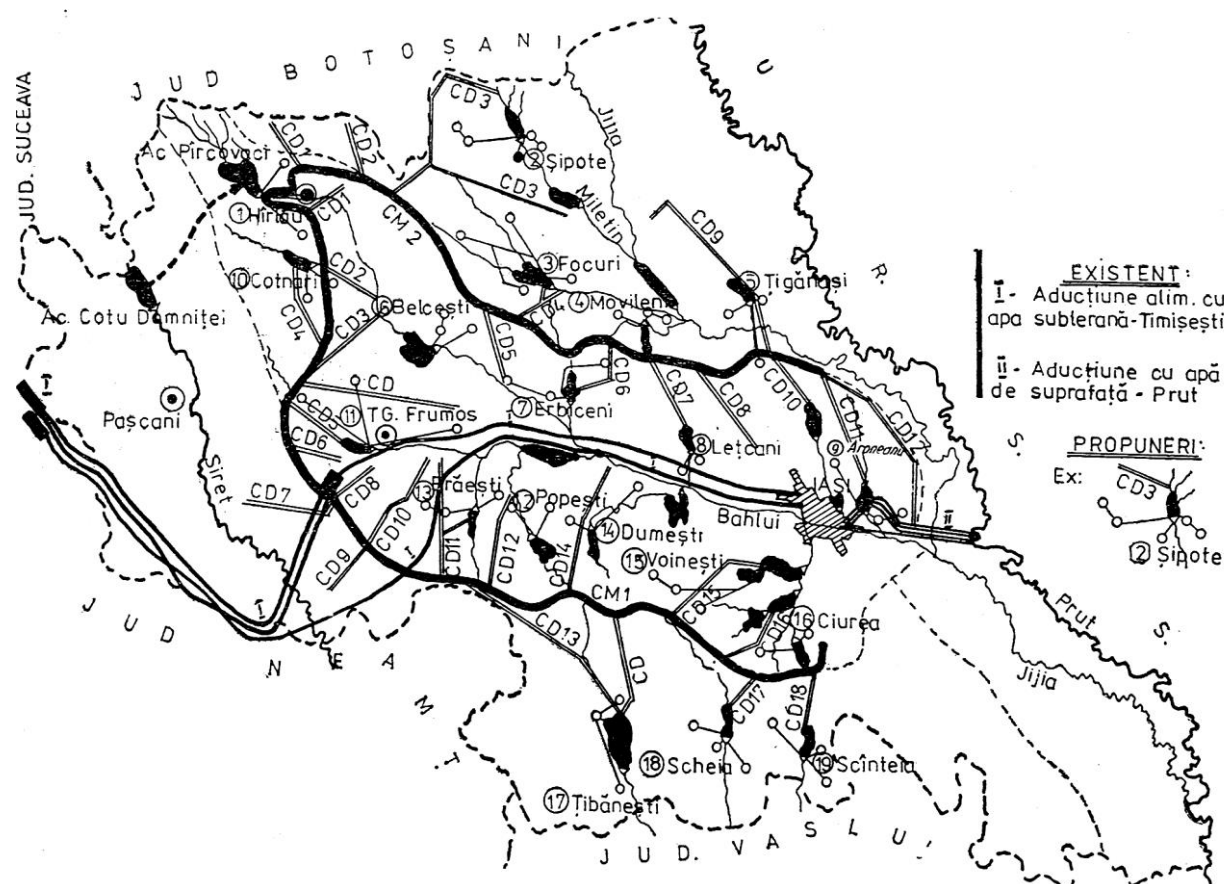


Fig. 7.12. Alimentarea cu apă a centrelor agrozootehnice și populate în soluția S<sub>1</sub>.

Pentru alimentarea cu apă a populației și zoo-tehniei aferente comunelor, s-a preconizat o soluție de grupare a acestora prin racordarea la sistemul de irigații, prin intermediul acumulărilor locale. Luând ca exemplu grupul de comune Plugari – Șipote (fig. 7.13), s-a prevăzut o acumulare locală pe Valea Recea cu o ca-

pacitate de 1,3 milioane m<sup>3</sup>, alimentată prin intermediul CM<sub>2</sub> și CD<sub>3</sub>. În aval de acumulare, urmează a se executa o stație de tratare. Din rezervoarele în care se aduce apa de la stația de tratare, pleacă conductele de distribuție (pentru satele și unitățile racordate).

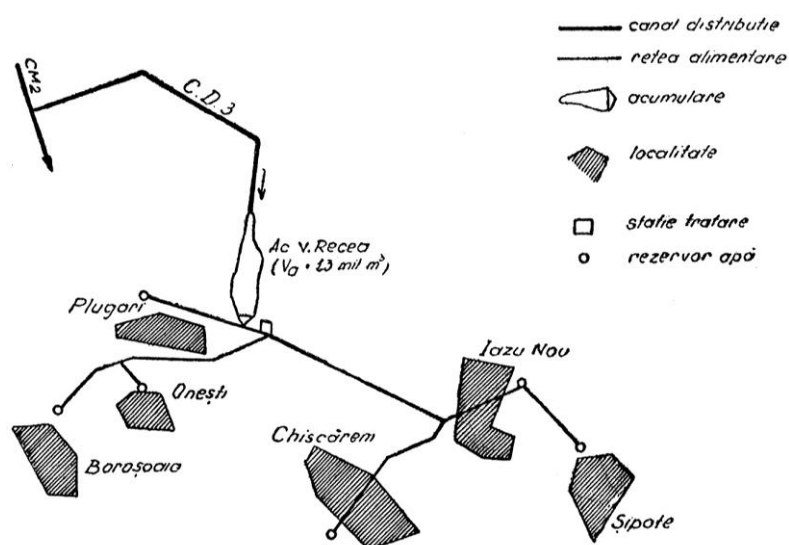


Fig. 7.13. Exemplu de alimentare cu apă a unui complex agrozootehnic, racordat la Sistemul de Irigații Iași (din C.D.<sub>3</sub>) – complexul Șipote.

### 7.3.3.3. Amenajările hidraulico-agrare; irigații, combaterea eroziunii solului, drenaje

Analiza detaliată, pe cele 38 trapeze (Sc. 1/50.000), a raionării pe cote, altitudini, folosințe și județe a întregii suprafețe aflată sub dominația sistemului hidrotehnic complex Iași, a condus la fixarea obiectivelor de amenajare interioară pentru irigații, combaterea eroziunii și drenaje, înscrise în tab. 7.4.

**Amenajări pentru irigații.** Amenajările de irigații cuprind terenuri cu pante relativ mici (sub 6%), sub formă de platouri și culmi de dealuri, precum și terenuri cu pante mai mari (6-20%). Din punct de vedere al folosințelor, cea mai mare parte a terenurilor este ocupată de terenuri arabile și parțial de pășuni și fânețe. Sunt excluse de la irigații terenurile cu alunecări active sau stabilizate.

**Tabel 7.4.** Defalcarea suprafețelor sistemului de irigații interjudețean „Podișul Moldovei”  
Iași – Botoșani – Vaslui, pe categorii de lucrări

Denumirea lucrărilor	U/M	Defalcarea suprafețelor agricole propuse spre amenajare în sistem			Total sistem
		jud. Iași	jud. Botoșani	jud. Vaslui	interjudețean
1. Irigații – total, din care:	ha	202.000	27.000	12.000	241.000
Gravitațional	ha	134.000	27.000	9.000	170.000
Cu alim. gravit. și cu o treaptă de ridicare	ha	68.000	–	3.000	71.000
2. C.E.S. – total, din care:	ha	90.000	17.000	5.000	112.000
– Pe pante 10–15%	ha	47.000	9.000	4.000	60.000
– Pe pante 15–20%	ha	39.000	8.000	1.000	48.000
– Pe pante >20%	ha	4.000	–	–	4.000
3. Drenaje	ha	100.000	27.000	12.000	139.000

Tehnicile și metodele de irigare și udare se vor diferenția după criteriile cunoscute. Aici vor domina tehnicile cu consum redus de apă și care nu produc eroziuni, șiroiri, salinizări și alunecări. Relieful, condițiile climatice și agroeconomice permit aplicarea diferențiată a tuturor tehnicilor de irigat (scurgerea pe brazde și fâșii, aspersiune, picurare, punctiformă ș.a.).

Ținând seamă de cotele înalte la care se situează canalele magistrale de aducțiune, predominantă în sistem va fi irigarea gravitațională. Chiar și în cazul aspersiunii, presiunea se va realiza tot gravitațional.

Organizarea teritoriului pe întregul versant, atât în zonele cu irigații cât și în cele fără irigații, respectiv cu lucrări de combatere a eroziunii solului, va trebui să se facă ținând seama și de rețeaua de canale și conducte de irigații, de suprafețele aferente antenelor, de debu-

șeele de scurgere a apelor din precipitații și de rețeaua de drumuri.

O dată cu aplicarea irigațiilor poate avea loc, în cazul unei exploatare nerațională, o îmbogățire a debitului pânzei freatice a versantului, ceea ce poate afecta stabilitatea acestuia; pentru a se evita reactivarea alunecărilor, în unele zone, irigațiile trebuie însoțite

și de drenaje. Practic, sistemul interjudețean Iași se compune dintr-un mare număr de subsisteme de irigații, fiecare fiind deservit de un canal de distribuție (fig. 7.14).

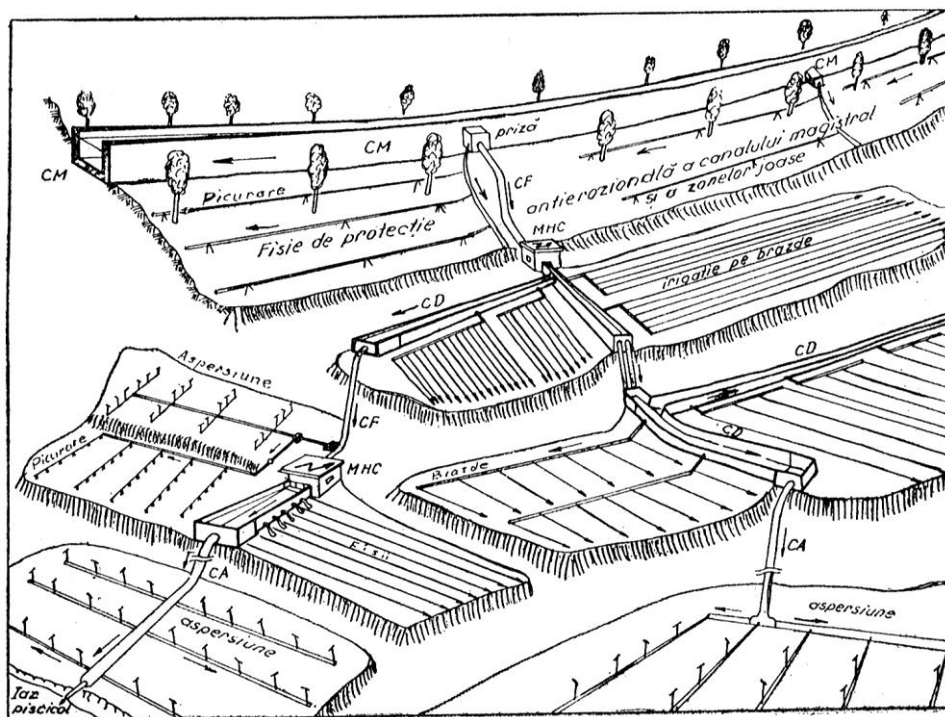
În această zonă a țării, tehnica irigației trebuie să aibă în atenție și protecția antigel, precum și regimul eolian specific.

*Lucrări de combatere a eroziunii solului.* După proiectarea lucrărilor de irigații, sau concomitent, trebuie proiectate lucrările de combatere a eroziunii solului (C.E.S.). Aceste lucrări trebuie să cuprindă toate terenurile versantului respectiv, inclusiv cele amenajate pentru irigații (cu pante 10%; 10–15%; 15–20% și peste 20%).

Dintre lucrările obișnuite de C.E.S. pe aceste terenuri, se va da o atenție mai mare debușeelor, stabilizării alunecărilor și captării izvoarelor de pe versanți, care vor cuprinde și drenajele. Practic, lucrările de combatere a eroziunii solului combinate cu cele de irigații și drenaje trebuie să conducă la o nouă strategie a amplasării culturilor pe versanți și a tehnicilor agricole.

Toate drumurile vor trebui revăzute și trasate pe direcții pe care eroziunea este minimă și se evită ravenarea lor. Pe ravene și torenți vor trebui executate lucrări adecvate.

Terenurile degradate și care nu mai pot fi luate în cultură vor trebui trecute la silvicultură și plantate cu specii corespunzătoare, care să asi-



**Fig. 7.14.** Schema de soluții de tehnici de irigare gravitațională cu apă uzină prin microhidrocentralele de pe rețeaua de distribuție.

gure stabilizarea terenului. În acest context trebuie să-și găsească loc și perdelele de protecție, avându-se în vedere regimul climatic, pantele și expoziția terenurilor pe care se aplică irigațiile.

**Drenaje.** Pentru a se evita înmlăștinirea și alunecarea terenurilor în pantă, peste 55% din suprafața ce se amenajează pentru irigații va fi prevăzută cu drenaje. Drenurile colectoare vor deversa în debușee care vor conduce apa în pâraie și apoi în Bahlui sau Jijia.

Execuția drenajelor s-a prevăzut mecanizat în proporție de 80% și manual 20%, în zonele inaccesibile mașinilor de săpat șanțuri. Ca timp de execuție, drenajele s-au prevăzut a se executa fie concomitent, fie în perioada următoare executării amenajărilor de irigații și de combatere a eroziunii solului.

Aici se vor aplica și tehnici de drenaj specifice terenurilor degradate.

#### 7.3.3.4. Piscicultura

Pe teritoriul județului Iași sunt construite un număr de 184 bazine piscicole în suprafață de 5.332 ha, care înmagazinează (stocheză) un volum de 205 milioane m<sup>3</sup> (anul 1983).

Din suprafața totală de 5.332 ha bazine piscicole, 1.713 ha reprezintă crescătorii piscicole complexe și eleștee; restul sunt iazuri agropiscicole. Crescătoriile piscicole se alimentează prin pompare din râurile Jijia și Prut, iar iazurile piscicole acumulează apă din precipitațiile de pe bazinele lor de retenție. Condițiile de exploatare piscicolă sunt restrictive, funcție de nivelurile apelor din sursele de alimentare în cazul crescătoriilor și de volumul precipitațiilor în cazul iazurilor. Anul 1983 evidențiază pregnant acest aspect, când din cauza lipsei de precipitații din toamna anului 1982 și primăvara 1983 a fost asigurat numai 70% din volumul de apă necesar pentru piscicultura.

Practicarea unei pisciculturi intensive, de mare eficiență economică, necesită asigurarea unor volume constante în bazinele piscicole, ceea ce în actualul regim de scurgere a apelor nu se poate realiza, perioadele cu precipitații abundente, când se distrug chiar o serie de amenajări piscicole, alternând cu perioadele sărace în precipitații, când iazurile piscicole rămân fără apă.

Aceste aspecte, fundamentale pentru piscicultura intensivă, vor putea fi soluționate prin înfăptuirea acestui sistem complex de amenajare hidrotehnică, unitățile piscicole putând primi apa întocmai ca și sectoarele de irigat, la termene, cu debite și volume prestabilite.

#### 7.3.3.5. Hidroenergia

Așa cum s-a subliniat, diferențele de nivel dintre sursa de apă (Siret) și terenurile de folosință (peste 150 de metri față de terenurile cele mai joase), permit va-

lorificarea energetică a căderilor din rețelele de aducțiune a apei.

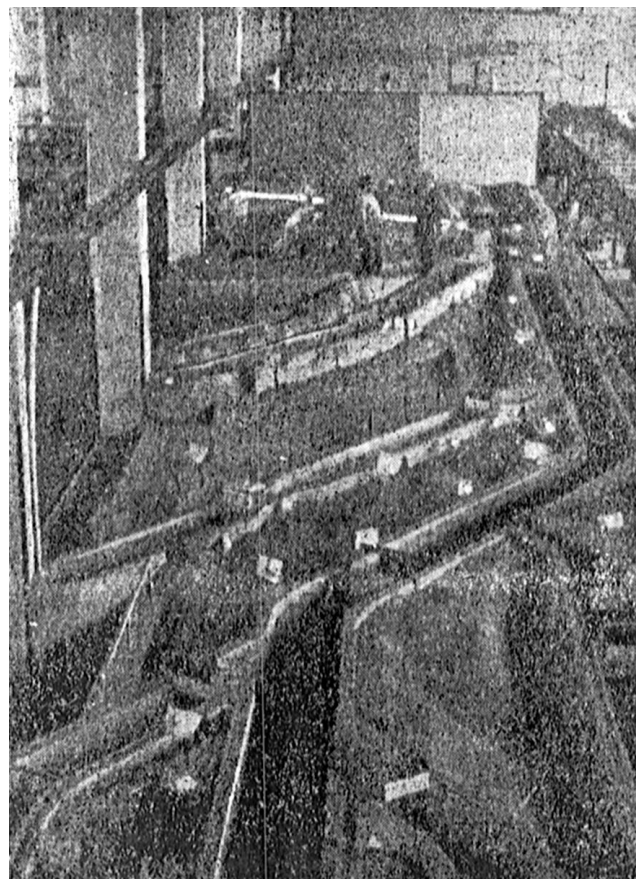
Microhidrocentralele (M.H.C.) electrice pot fi amplasate în două soluții principale:

– la baza barajelor lacurilor de acumulare create în punctele principale ale schemei hidrotehnice și la ieșirea din galeriile de derivație – transfer;

– pe căderile create pe canalele și conductele de distribuție, între consumatorii situați la cote diferite (fig. 7.15).

În schema hidrotehnică complexă propusă s-a aproximat posibilitatea amplasării a circa 70 M.H.C. din care una la ieșirea galeriei de aducțiune Siret-Bahlui (cea mai mare), 5 în avalul acumulărilor create în interiorul sistemului și, restul, pe canalele de distribuție. Puterea lor instalată ar putea ajunge la circa 20 MW. Cele cu puteri instalate de peste 100 kW s-ar racorda la rețeaua sistemului energetic național, celelalte ar putea fi utilizate pe plan local.

La laboratorul catedrei de la Iași (colectiv asist. ing. D. Prepeliță) s-a realizat un model hidraulic redus al întregului sistem hidrotehnic al b.h. Bahlui.



Laboratorul de Irigații și Drenaje – Facultatea de Hidrotehnică Iași.

Fără îndoială, că toate aspectele privind atât schema de ansamblu, cât și soluțiile tehnice de detaliu pentru fiecare componentă a sistemului și pentru fie-

care nod hidrotehnic, vor necesita studii și analize minuțioase. În special, o atenție deosebită va trebui acordată realizării studiilor geologice preliminare, ținând seamă de configurația complicată a terenurilor și structurilor geologice dificile, de fenomenele de instabilitate a versanților și procesele frecvente de alunecări.

Aceste fenomene pot fi amplificate prin lucrările de terasament și amplasarea unor surse de umectare permanentă (canale de distribuție). De aceea, amplasarea tuturor obiectivelor, soluțiile tehnice adoptate, tehnologiile de execuție vor trebui minuțios abordate și fundamentate prin studii detaliate de teren.

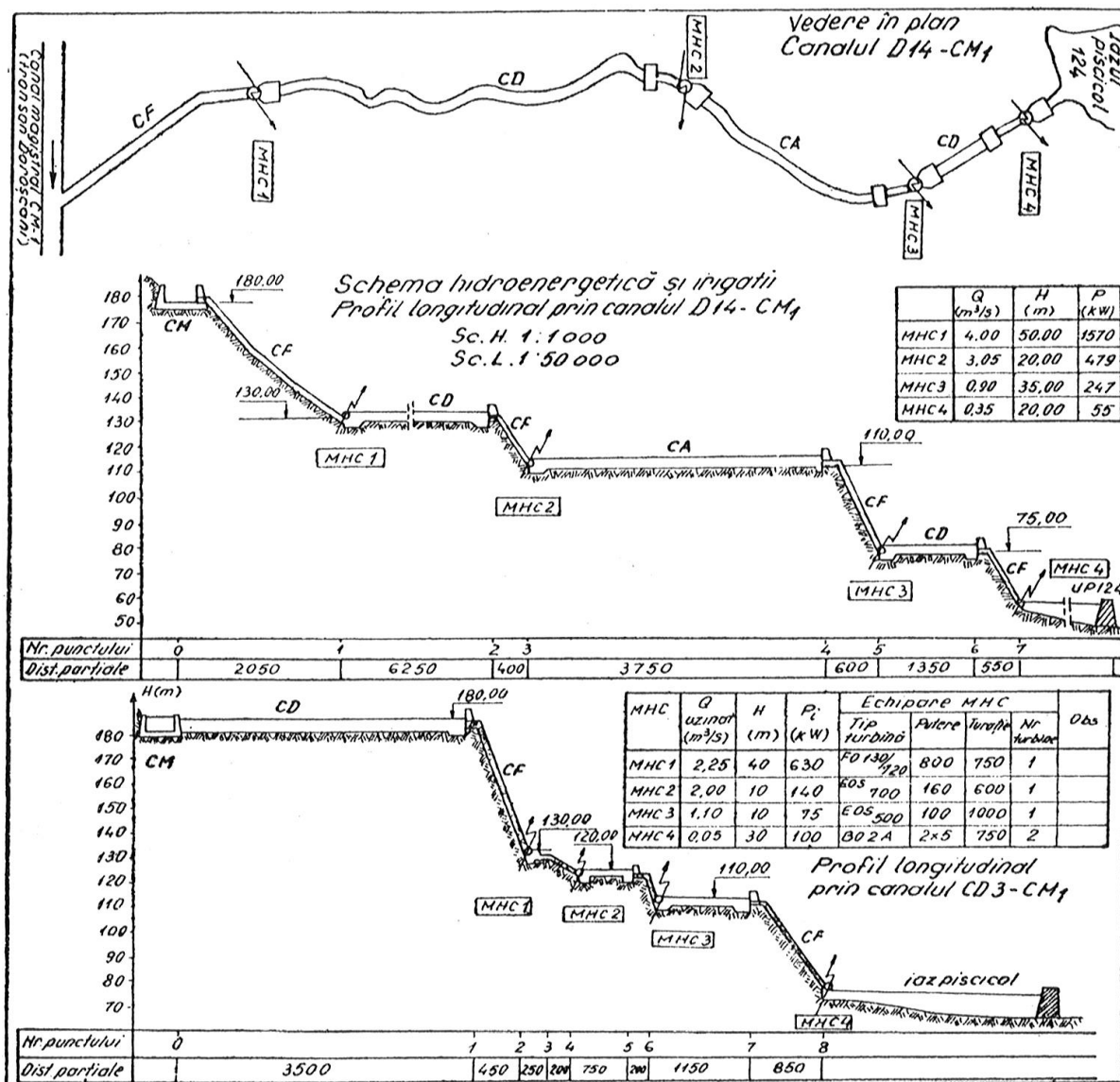


Fig. 7.15. Exemple de soluții de amplasare a M.H.C. pe rețele de distribuție în sistemele de irigații.

## **PARTEA A II-A**

# **RAȚIONALIZĂRI ÎN IRIGAȚII ȘI DRENAJE, ÎN CADRUL AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE**





# RAȚIONALIZĂRI ÎN TEHNICILE DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE

Perspectiva anilor 1990-2000 va confrunta specialiștii cu noi probleme, de mare dificultate, privind:

- tehnicile de irigații și drenaje pe terenuri cu pante mari și relief neregulat, cu folosințe dispersate;
- transportul apei pe trasee cu obstacole impuse de relief și obiective social-industriale specifice zonelor colinare, de dealuri;
- irigarea culturilor celor mai diverse, din care nu vor lipsi cerealele, legumele, plantațiile viti-pomicole, culturile furajere, cu specificul lor la irigat, dar și cu cerințele de protecție (exemplu antigel) etc.;
- resursele limitate de apă, energie, forță de muncă și materiale de construcții;
- terenurile afectate de eroziuni, alunecări, salinizări etc.

Trecând din zona cu relief relativ regulat (de lunci, câmpii și platouri joase) specific amenajărilor ce au înscris circa 3 milioane ha irigate (până în 1989), spre zona terenurilor înalte, pentru a se realiza 4-5 milioane ha irigate până în 1995-2000, și tehnicile de irigații și drenaje vor înregistra o serie de amendări și adaptări.

Dacă întinselor suprafețe amenajate până în 1987 le-au fost specifice amenajările sistematice, cu platouri de 500-2.000 ha, cu rețele de distribuție relativ uniforme (ca sistematizare, debite de distribuție și presiuni la prizele de apă), noile amenajări de tipul celor preconizate în Podișul Moldovei sau în execuție în Terasele Oltului și Covurluiului impun soluții de concepții diferite ca și drenajele pe terenurile grele și salinizate.

De menționat că schemele hidrotehnice ale acestor sisteme de irigații sunt total diferite de acelea ale sistemelor Sadova-Corabia, Olt-Călmățui, Terasa Brăilei ș.a., iar folosințele, beneficiarii și planurile de cultură vor impune de la caz la caz și de la fermă la fermă și chiar în interiorul aceleiași ferme, soluții diferite (de rețele de distribuție, de tehnici de irigat, de planuri de cultură).

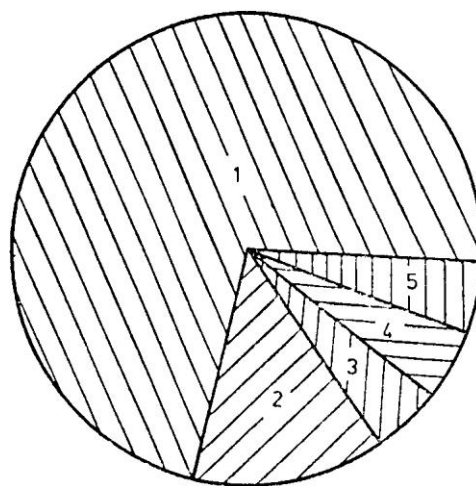
Având în vedere noile situații, s-a considerat oportună revizuirea tehnicilor de irigații și drenaje prin prisma aspectelor ce le definesc perfecționarea și optimizarea unor elemente constructiv-funcționale, pentru adaptarea la o gamă mai largă de situații orohidrografice și tehnico-organizatorice.

Pentru elaborarea planurilor sistemelor de irigații, este necesar ca, alături de celelalte aspecte de ordin tehnic, hidrotehnic, să se adopte un asemenea plan de culturi încât să se obțină producții maxime în condiții

optime, pentru economia și dezvoltarea socială a teritoriului respectiv.

Pentru evitarea unor confuzii cu privire la efectul calitativ al irigației asupra fructelor și plantelor sunt de reținut datele ce se prezintă în continuare, fiind vorba și de irigarea zonelor viti-pomicole.

Pentru zonele mai înalte (coline, dealuri), în planul de cultură trebuie să se regăsească, alături de porumb, legume, culturi furajere, pășunile și fânețele, plantațiile pomiviticele ele. (ex. figura 1.1, pentru o fermă irigată).



**Fig. 1.1.** Exemplu de structură a culturilor într-o fermă irigată, pentru zona de coline și dealuri, cu pantă de 10-20% (în Podișul Moldovei): 1 – arabil 70% (din care 40% păioase, 30% prășitoare, 20% leguminoase anuale și plante tehnice, 10% plante furajere); 2 – pășuni și fânețe 15%; 3 – vii 5%; 4 – livezi 5%; 5 – plantații silvice 5%.

Cu privire la calitatea fructelor și plantelor, cu toate că prin irigații se suplimentează apa deficitară necesară obținerii producțiilor prevăzute, sunt frecvente cazurile când se aduc o serie de critici acestei tehnici de producție intensivă și de protecție, a culturilor, pe motiv că: „degradează calitatea fructelor” și „forțează cultura”.

Pentru elucidarea acestei probleme, R. Severac (Aix-en-Provence), analizează, în baza unor ample studii și experimentări, rolul apei în plantă și modul cum se poate defini calitatea produselor prin criterii obiective.

Se disting trei criterii obiective de calitate:

- calitățile comerciale – aspect, comportare la transport și conservare;
- calitățile dietetice – de ordin nutrițional și igienic (să nu prezinte toxicitate);

– calitățile organoleptice – vizuale, olfactive, tactile, gustative și digestive.

Problema care se urmărește, cu privire la calitate, rezidă în a se primi răspuns la întrebarea dacă cele trei grupe de calități sunt modificate prin irigații?

Răspunsul unanim, în baza experimentărilor este – după R. Severac – irigația corect integrată celorlalte tehnici culturale ameliorează calitatea fructelor și, din contra, excesul de apă prejudiciază vigoarea și calitatea gustativă, cu toate că va crește producția și mărimea fructelor.

O corectă alimentare cu apă va favoriza multiplicarea celulelor fructelor și mărimea lor.

Intensitatea fotosintezei este direct legată de cantitatea de apă pe care o poate transpira planta, conținutul de zahăr, producția de bază a funcției clorofilene, depinzând de apa disponibilă.

Pentru piersici, irigarea asigură mărimea – calibrul, randamentul și pregătește producția anului viilor, fără consecințe asupra calității gustative; din contra, trebuie procedat la rădirea fructelor, iar recoltarea nu trebuie grăbită.

– Pentru meri, insuficiența apei înainte de începutul lunii iulie aduce prejudicii înmulțirii celulelor. În faza de creștere a fructelor, irigarea trebuie continuată dar nu excesiv, ceea ce asigură rezistența și o mai mare concentrare a zahărului, acizilor și aromelor.

– Pentru vița de vie, secetele au efecte cu atât mai intense, cu cât apar în perioade de activitate maximă: pentru dezvoltarea aparatului vegetativ, pentru acumularea zahărului, pentru greutatea strugurilor etc.

Când raportul *ETR/ETP* (evapotranspirația reală/evapotranspirația potențială) coboară la 0,2, durând mai multe săptămâni în perioada iulie-septembrie, se înregistrează avantaje maxime în urma irigațiilor.

Printre tehnicile de irigat, cea localizată (picurare, rampe perforate), cu debite mici (8-16 m<sup>3</sup>/ha și zi), s-a dovedit optimă, realizând cea mai corectă alimentare cu apă a viței de vie (S. Meriaux – I.N.R.A. – și A. Goellner – Languedoc).

Eficiența ridicată a sistemelor de irigații cu siguranță în exploatare depinde de perfecționarea gradului de amenajare, precum și de calitatea echipamentelor de distribuție, protecție și control.

Întrucât lucrarea de față urmărește să aducă în atenția celor interesați numai aspecte noi, legate de progresul realizat pe plan mondial, vor fi prezentate în cele ce urmează o serie de analize, studii, echipamente, utilaje, aparate și tehnologii care au scopul să contribuie la promovarea unor amenajări eficiente de irigații, în complexul amenajării teritoriale, fără detalieră tehnicilor de amenajare, probleme tratate în lucrările autorilor (1969, 1976, 1981, 1985) și ale colaboratorilor.

## 1.1. RAȚIONALIZĂRI ÎN TEHNICA IRIGAȚIEI PRIN SCURGERE LA SUPRAFAȚĂ, PE BRAZDE

Sunt de reținut în acest sens:

- soluții pentru îmbunătățirea calității udării prin brazde;
- mod de determinare a lungimii optim-economice a brazdei;
- condiții și echipamente pentru automatizarea udării prin brazde.

### 1.1.1. SOLUȚII PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII UDĂRII PRIN BRAZDE

Pentru îmbunătățirea calității udării prin brazde, una din soluții este reducerea debitului de alimentare pe durata udării.

În prezent sunt stabilite condițiile și relațiile pentru determinarea următoarelor aspecte:

- lungimea la care este posibil și convenabil să se reducă debitul de alimentare pe durata udării;
- influența elementelor tehnice ale brazdei – lungime, debit, norma de udare, asupra uniformității udării și a mărimii pierderilor de apă prin infiltrație, în adâncime;
- mărimea pierderilor de apă cauzate de scurgeri prin capătul aval al brazdei, în funcție de sol, lungimea brazdei, norma de udare, debitul de alimentare;
- valoarea randamentului total al udării, în funcție de sol, lungimea brazdei, norma de udare, debit.

Problemele ce urmează în acest subcapitol (1.1.1) privesc aspecte de optimizare pentru brazdele de udare. Echipamente și automatizări la brazde se prezintă în subcapitolul 1.1.2.

#### 1° Necesitatea aplicării udării pe brazde cu debit variabil. Condiții

Pentru a se asigura o uniformitate bună a udării este necesar ca timpul de avans al apei în brazdă să fie cât mai redus; aceasta conduce, cel puțin la pante ale brazdelor de peste 4-5‰, la necesitatea introducerii în brazdă a unui debit inițial corespunzător debitului maxim neeroziv q<sub>e</sub>. După ce apa ajunge la capătul aval al brazdei, dacă brazda nu este barată, încep scurgeri; pe terenurile cu pantă mică (< 2-3‰), bararea capătului aval al brazdei este o măsură eficientă pentru a se evita scurgerile, în cazul brazdelor de lungimi limitate (la 50-100 m). Pentru anumite norme de udare, în funcție de debit și de lungimea brazdei, în vederea evitării pierderii apei datorită scurgerilor, se aplică fie recircularea apei scurse, fie reducerea debitului de alimentare, puțin

înainte de atingerea capătului aval al brazdei către frontul de umectare.

Reducerea debitului se poate realiza prin mai multe metode:

- la alimentarea brazdelor din canale, debitul se poate reduce în cursul udării, prin scăderea numărului de sifoane ce alimentează concomitent o brazdă (trebuie întocmite pentru aceasta grafice de mutare a sifoanelor) sau prin reducerea nivelului apei în bieful ce alimentează un anumit grup de brazde;

- în cazul alimentării brazdelor cu conducte de udare, se poate schimba debitul în timpul udării, manual sau automat, se poate varia numărul de brazde alimentate concomitent, sau se poate reduce presiunea în conducta de udare (manual sau automat).

În cazul alimentării automate a brazdelor, s-a preferat de unii specialiști, pentru economisirea apei de irigație, folosirea procedurii cu recircularea apei scurse din brazde.

Determinarea condițiilor când este necesară reducerea debitului de alimentare al brazdelor în cursul udării se prezintă în continuare.

Dacă timpul de avans al apei în brazdă  $t_L$  este inferior duratei necesare introducerii în brazdă a volumului de apă corespunzător normei de udare, atunci este necesară reducerea debitului de alimentare. Se poate scrie deci că se reduce debitul de alimentare dacă:

$$m \cdot d \cdot 10^{-4} L > q_i \cdot t_L \quad (1)$$

sau

$$m \cdot d \cdot 10^{-4} L > q_i \cdot \left( \frac{L}{a_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

în care:

$m$  reprezintă norma de udare [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ];

$d$  – distanța dintre brazde [ $\text{m}$ ];

$L$  – lungimea brazdei [ $\text{m}$ ];

$q_i$  – debitul inițial de alimentare a brazdei [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];

$$t_L = \left( \frac{L}{a_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}} [\text{sec}].$$

Pentru valori mai mari ale timpului, se poate neglija volumul de apă acumulat în brazdă ( $c = 0$ ); ținând cont de aproximația funcției Euler prin sinus, relația (1) devine:

$$L < \left( m \cdot d \cdot 10^{-4} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \cdot q_i \left[ \frac{\sin \pi \alpha}{k \cdot \pi \cdot \alpha (1-\alpha)} \right] \quad (2)$$

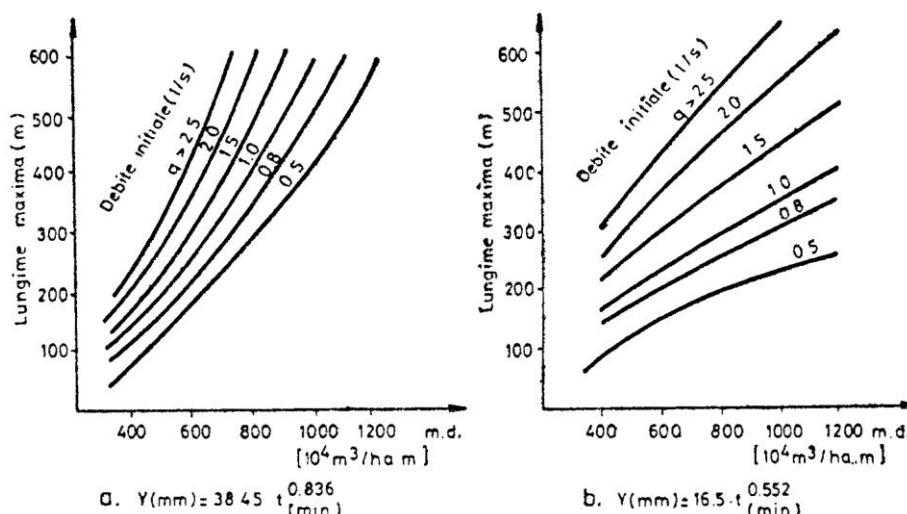


Fig. 1.2. Lungimea maximă pentru alimentarea brazdelor cu debit variabil.

(curba de avans,  $x = a_1 t^\alpha$ , utilizată pentru stabilirea curbei de infiltrație  $y = k t^\alpha$ ;  $\alpha = 0-1$ ).

Pentru același tip de sol în relația de mai sus,  $k$  depinde de debitul de alimentare și lățimea de infiltrație. Valorile lui  $L$  sunt prezentate grafic în figura 1.2 pentru funcțiile de infiltrație exprimate de ecuațiile (a) și (b). S-a considerat că se folosește ca debit inițial debitul maxim neeroziv, calculat cu relația cunoscută:

$$q_i = \frac{0,0063}{i}$$

Pentru funcția de infiltrație exprimată prin (b) rezultă că este convenabil să se alimenteze cu debit variabil chiar și brazdele de lungimi mari (peste 300-400 m).

Analizând curba debitului necesar în brazdă pe durata udării, se observă următoarele: după terminarea avansului apei în brazdă, există o perioadă în care debitul necesar se reduce rapid, după care urmează o reducere lentă a acestui debit până la sfârșitul udării. Debitul redus tinde la valori de 0,5-0,3 din debitul inițial. Ar fi interesant de stabilit lungimea maximă a brazdei, la care trebuie folosit debitul variabil, din condiția ca debitul redus să fie într-un anumit raport față de debitul inițial.

Din graficul prezentat în figura 1.3 (după Wilke O.C.) se poate obține raportul dintre timpul de avans  $t_L$  și timpul  $t$ , când debitul trebuie redus la o anumită va-

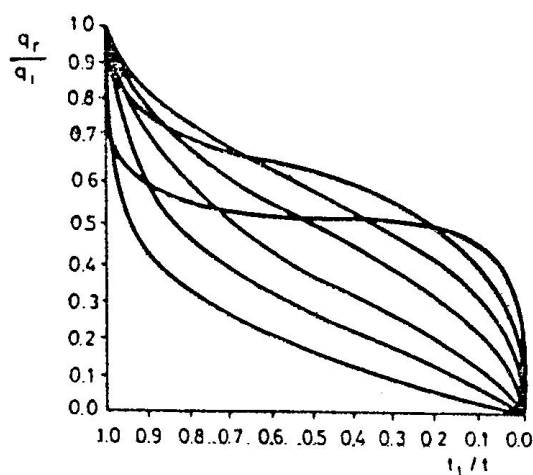
loare  $\frac{q_r}{q_i}$ . Rezultă astfel o relație  $\frac{t_L}{t_r} = f\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right)$ . Pen-

tru valorile  $\frac{q_r}{q_i}$  egale cu 0,5, 0,4 și 0,3 se prezintă în

tabelul 1.1 funcția  $f\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right)$ .

**Tabelul 1.1.** Valoarea funcției  $\frac{t_L}{t_r} = f\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right)$ 

$\frac{q_r}{q_i}$	$\alpha$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	$f\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right)$
0,5	$\frac{t_L}{t}$	0,97	0,87	0,7	0,57	0,36	0,22	0,2	$\frac{t_L}{t} = 1,261 - 1,41\alpha$
0,4	$\frac{t_L}{t}$	0,90	0,68	0,57	0,36	0,20	0,03	0,02	$\frac{t_L}{t} = 1,153 - 1,504\alpha$
0,3	$\frac{t_L}{t}$	0,80	0,58	0,41	0,23	0,09	0,04	0,01	$\frac{t_L}{t} = 0,982 - 1,346\alpha$


**Fig. 1.3.** Grafic pentru determinarea debitului redus.

Dacă se consideră momentul  $t = t_a$ ,  $t_a$  fiind timpul de infiltrare a norme de udare (fig. 1.4), pot fi scrise următoarele:

$$t_a = \left( \frac{m \cdot d \cdot 10^{-4}}{k} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$t_L = \left( \frac{L}{a_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$\frac{\left( \frac{L}{a_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}}}{m \cdot d \cdot 10^{-4}} = f\left(\frac{t_L}{t_a}, \alpha\right)$$

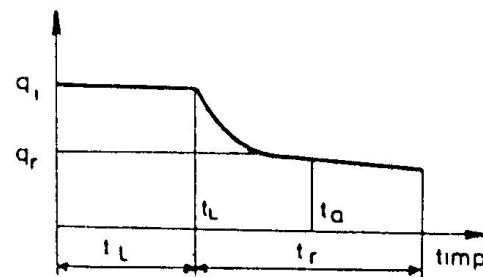
(3)

care devine:

$$L = q_i \cdot \left[ f\left(\frac{t_L}{t_a}, \alpha\right) \right]^{1-\alpha} \frac{\sin \pi \alpha}{\pi \alpha (1-\alpha)} \frac{1}{k^{\frac{1}{\alpha}}} (m \cdot d \cdot 10^{-4})^{\frac{\alpha}{\alpha}}$$

(4)

Comparând relațiile (2) și (4) rezultă că valorile obținute cu cele două relații sunt într-un raport care depinde de  $\alpha$ .


**Fig. 1.4.** Curba debitelor reținute în brazdă pe durata udării.

În adevăr, valorile obținute din graficul din figura 1.2 trebuie reduse cu un coeficient, care în cazul exemplilor date, are valorile din tabelul 1.2.

Pentru alte valori ale funcției de infiltrație, lungimea maximă a brazdei la care este necesar să se aplice udarea cu debit variabil rezultă din relația;

$$\frac{L}{q_i} = \frac{(10^{-4} m d)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}}{k^{\frac{1}{\alpha}}} f_i\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right) \quad (5)$$

Valorile lui  $f_i\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right)$  sunt date în tabelul 1.3;

s-a ținut cont de unitățile de măsură.

$$P_{[mm]} = k \cdot t_{[min]}^{\alpha}$$

și

$$q_i [m^2 / min]$$

**Tabelul 1.2.** Coeficientul de reducere

$q, q_i$	Raportul $\frac{L}{L}$ pentru $\frac{q_i}{q_r}$		
$y(t)$	0,3	0,4	0,5
$y_{[mm]} = 38,45 t_{[min]}^{0,386}$	0,43	0,42	0,57
$y_{[mm]} = 16,5 t_{[min]}^{0,552}$	0,342	0,496	0,594

**Tabelul 1.3.** Valorile  $f_i\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right)$ 

$\frac{q_r}{q_i}$	$\alpha$	Valorile funcției $f_i\left(\frac{q_r}{q_i}, \alpha\right)$ pentru						
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,3		0,892	0,836	0,775	0,708	0,627	0,466	—
0,4		1,028	0,957	0,882	0,806	0,725	0,615	—
0,5		1,15	1,09	1,016	0,949	0,888	0,840	0,809

## 2° Lungimea brazdei și calitatea udării

Lungimea brazdei influențează randamentul și uniformitatea udării pentru anumite condiții naturale (sol, pantă) și elemente de udare (distanța dintre brazde, debitul brazdei, norma de udare).

Lungimea optimă a brazdei este cea care conduce la cea mai bună calitate a udării. Cum se arată în continuare, o lungime dată a brazdei nu conduce, în același timp, și la o uniformitate maximă și la un randament maxim al udării. În unele cazuri funcțiile de randament al folosirii apei (al udării) și de uniformitate nu au maxim în domeniul tehnic posibil de realizare a brazdelor.

Dacă se impune limita admisă a celor două elemente de calitate a udării, se poate găsi un *interval optim pentru lungimea brazdei*.

În literatură se prezintă relații și grafice pentru stabilirea lungimii maxime a brazdei. Astfel, se indică a se alege ca lungimea maximă a brazdei, lungimea pe care se infiltrează debitul de regim ( $q_r = 0,5 \cdot q_i$ ) să fie:

$$l = \frac{0,0367}{ak_1i}$$

în care:

$l$  este lungimea maximă a brazdei [m];

$k_1$  – coeficientul de infiltrație stabilizat;

$i$  – panta terenului.

În urma unor experiențe s-a ales lungimea maximă, cea pe care o străbate frontul de umectare, până în momentul când în brazdă s-a introdus volumul corespunzător normei de udare (I. Nicolaescu, 1981).

O.C. Wilke folosește pentru aprecierea uniformității udării un termen numit „eficiența distribuției apei”, care reprezintă abaterea medie de la norma de udare:

$$E_d = 100 \left[ 1 - \int_0^1 \left| \frac{y_{ea}}{y_0} - 1 \right| d\left(\frac{x}{L}\right) \right] \quad (7)$$

Cu  $y(x) = kt_0^\alpha$ .

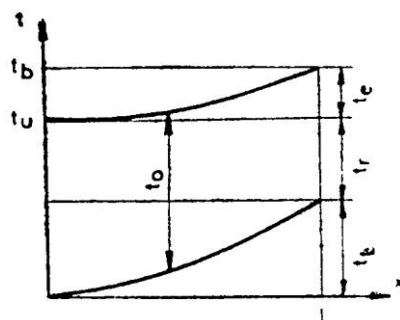


Fig. 1.5. Etapele de timp ale udării pe o brazdă

În figura 1.5 se arată că durata udării cuprinde trei perioade:

$t_L$  – până când apa ajunge în capătul aval al brazdei;

$t_r$  – timpul cât se permite în continuare intrarea apei în brazdă;

$t_e$  – timpul în care se epuizează apa rămasă în brazdă după întreruperea alimentării.

Durata totală cât este admisă apa în brazdă  $t_u$  va fi:

$$t_u = t_L + t_r$$

Apa staționează în brazdă o durată totală  $t_b$ :

$$t_b = t_L + t_r + t_e$$

Dacă se folosesc debite mici de udare și permeabilitatea solurilor este relativ mare, atunci durata de epuizare a apei din brazdă este mică în comparație cu  $t_u$ .

Dacă se neglijează volumul de apă existent în brazdă, atunci se poate considera că în timpul  $t_u$  se infiltrează în brazdă norma de udare.

Reprezentarea grafică a relației (7) este dată în figura 1.6 (după O.C. Wilke).

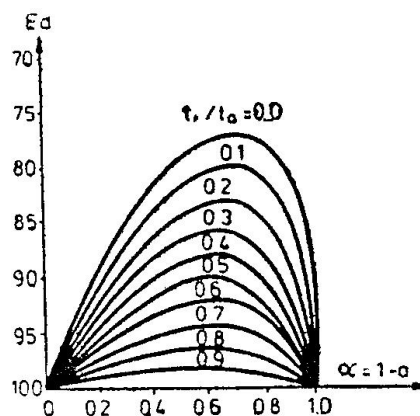


Fig. 1.6. Grafic pentru determinarea eficienței distribuției apei de la brazdă.

Se observă că valoarea lui  $E_d$  depinde de caracteristicile de infiltrație (prin  $\alpha$ ), de lungimea brazdei și norma de udare și debitul brazdei prin  $\left(\frac{t_i}{t_a}\right)$ .

Pentru condițiile reale experimentate se prezintă în figura 1.8 un coeficient de uniformitate  $U$  calculat cu relația (8), evidențiindu-se importanța factorilor: lungimea brazdei, debit, normă de udare.

$$U = 100 \left[ 1 - \frac{y_{\min} - y_{\max}}{\frac{1}{2}(y_{\min} + y_{\max})} \right] [\%] \quad (8)$$

în care:

$U$  este uniformitatea udării exprimată în %;

$y_{\min}$  – valoarea minimă a infiltrației cumulate (în capătul aval al brazdei);

$y_{\max}$  – valoarea maximă a infiltrației cumulate (în capătul amonte al brazdei).

Durata de staționare a apei în fiecare punct s-a considerat conform figurii 1.7. Timpul de retragere a

apei din brazdă  $t_{ret}$  s-a stabilit considerându-se o viteză medie de infiltrație pe lungimea brazdei egală cu cea de la mijlocul brazdei.

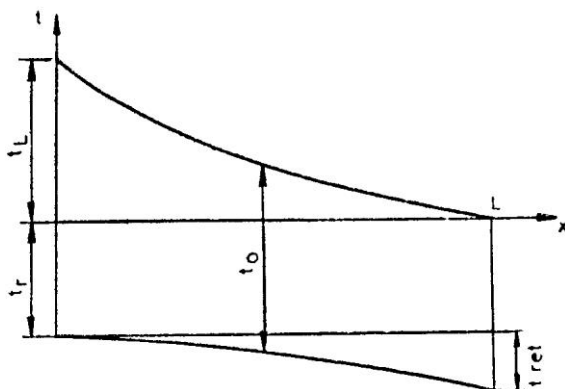


Fig. 1.7. Timpul de staționare a apei în lungul brazdei ( $t_0$ ).

Pentru norme de udare de 500 și 1.000 m<sup>3</sup>/ha se prezintă în figura 1.8 variația coeficientului  $U$  [%], în cazul:  $y_{[mm]} = 21,6t_{[min]}^{0,224}$ .

În grafice se evidențiază importanța lungimii brazdei asupra uniformității udării.

Limitându-ne la o uniformitate minimă ce o admitem, se poate stabili pentru debitul brazdei și norma de udare date, lungimea maximă a brazdei.

### 3° Randamentul în câmp, la udarea prin brazde

Din volumul de apă ce intră în brazdă, o parte se infiltrează, iar restul se scurge prin capătul aval, fiind colectat de rețeaua de evacuare. Volumul de apă reținut în brazdă se distribuie neuniform. În zonele în care infiltrația cumulată depășește valoarea propusă  $y_a$ , se umectează un strat de sol mai mare decât cel necesar și pot avea loc pierderi de apă în adâncime.

Rezultă că se poate defini un randament de suprafață  $\eta_s$  ca raport între volumul de apă reținut și cel introdus în brazdă și un randament de adâncime, al apei reținute ( $\eta_p$ ), ca raport între volumul de apă util și cel reținut în brazdă.

Randamentul total al udării va fi:

$$\eta_u = \eta_s \cdot \eta_p \quad (9)$$

1) *Randamentul de suprafață* ( $\eta_s$ )

Volumul de apă admis în brazdă  $V_a$  este:

$$V_a = q_i \cdot t_i + q_r \cdot t_r \quad (10)$$

Timpul  $t_r$  se calculează în ideea că volumul de apă infiltrat în sol este:

$$V_i = y_a \cdot L = kt_a^\alpha \cdot L$$

Rezultă deci:

$$\eta_s = \frac{V_i}{V} = \frac{y_a \cdot L}{q_i t_i + q_r t_r} \quad (11)$$

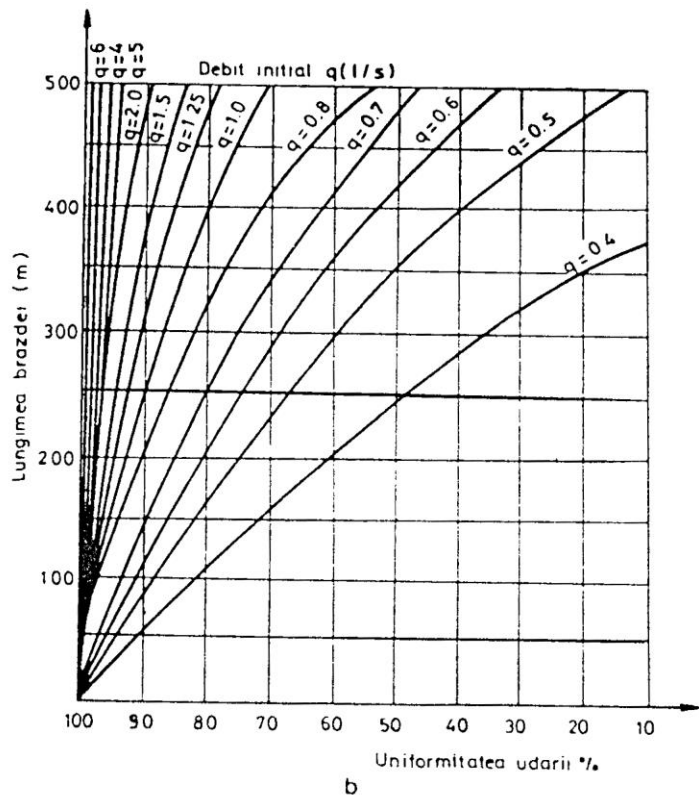
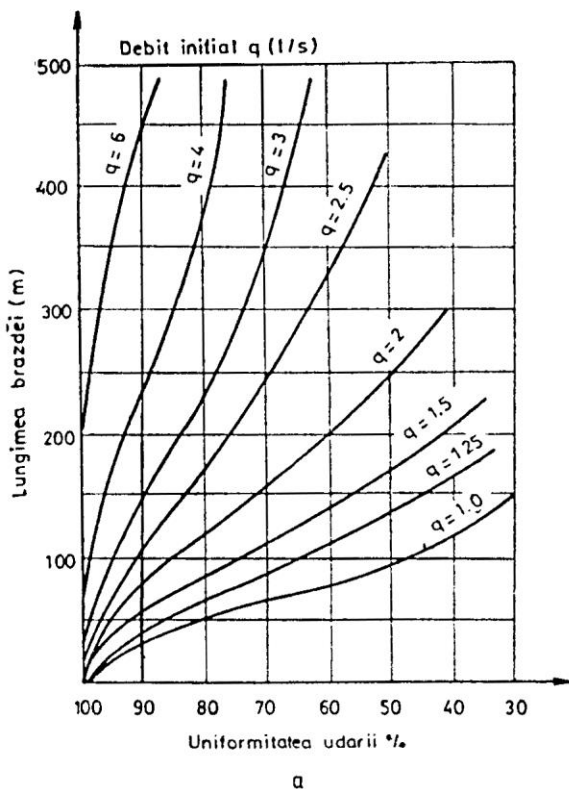
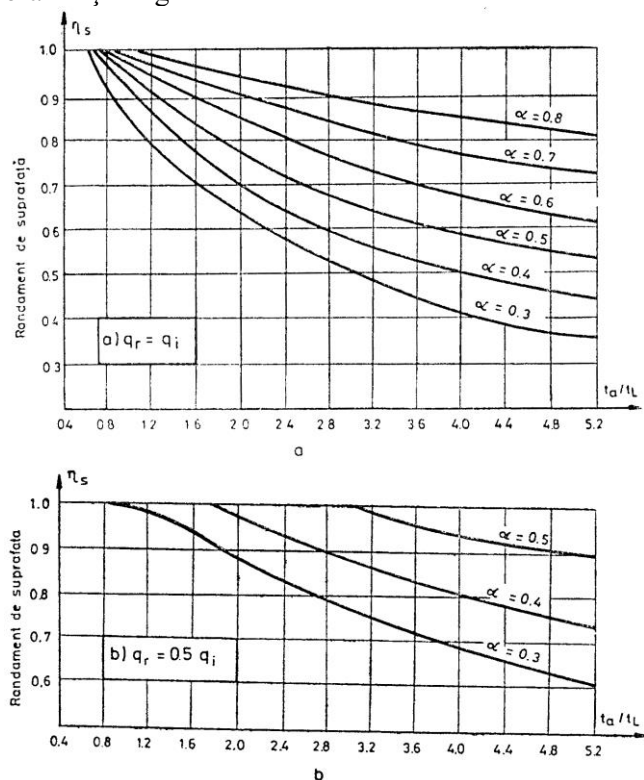


Figura 1.8. Uniformitatea udării calculată cu relația:  $y_{[mm]} = 21,6t_{[min]}^{0,224}$ , cu norma de udare:

a –  $m = 500$  m<sup>3</sup>/ha; b –  $m = 1.000$  m<sup>3</sup>/ha;

în figura 1.9.a se prezintă valorile lui  $\eta_s$ , atunci când debitul de alimentare al brazdei este constant, iar în figura 1.9.b pentru cazul  $q_r = 0,5q_i$ .

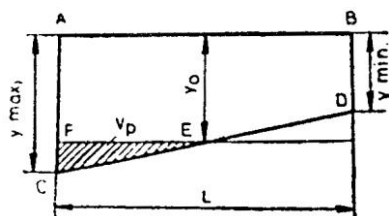
Valorile  $t_a$  și  $t_L$  se pot calcula direct, cunoscând funcția de infiltrație, norma de udare, distanța dintre brazde și lungimea acestora.



**Fig. 1.9.** Randamentul de suprafață  $\eta_s$ :  
a)  $q_r = q_i$ ; b)  $q_r = 0,5q_i$ .

## 2) Randamentul de adâncime

Stratul de apă infiltrat în lungul brazdei este ne-uniform. Admițând o distribuție lineară a acestuia în lungul brazdei și neluând în considerare o redistribuție a apei în sol în lungul brazdei, rezultă că volumul schematizat de triunghiul FEC este pierdut în adâncime (fig. 1.10).



**Fig. 1.10.** Repartiția apei infiltrate în lungul brazdei.

Volumul de apă  $V_p$  pierdut prin percolație va fi:

$$V_p = \frac{L}{4}(y_{\max} - y_a) \text{ [m}^3\text{]}$$

sau exprimând în părți din norma de udare (m) rezultă:

$$V_p = 25(y_{\max} / m - 1) \text{ [%]} \quad (13)$$

Ținând cont de relația (8) a uniformității udării,

rezultă:

$$V_p = \frac{1}{8}(100 - U) \quad (14)$$

$$\eta_p = 100 - V_p \text{ [%]} \quad (15)$$

## 3) Randamentul total al udării pe brazde

Pentru aceleași condiții de infiltrație ca și la figura 1.8 se prezintă în figura 1.11 a, b randamentul total al udării. Se observă că în condițiile date pentru sol, normă de udare și debit, există un interval de lungimi ale brazdei pentru care randamentul udării este superior unei valori dorite.

## 1.1.2. STABILIREA LUNGIMII OPTIME A BRAZDELOR PE BAZA UNOR CRITERII ECONOMICE

Metoda de udare prin brazde prezintă ca principal avantaj faptul că partea capilară a rețelei o formează chiar solul (brazdele), elemente ce necesită cheltuieli mici pentru realizare și nu împiedică lucrările agricole. Echipamentele mobile, pentru alimentarea brazdelor, pot fi realizate de diametre mai mari decât pentru alte metode de udare, ceea ce implică cheltuieli mai reduse de investiție și exploatare la unitatea de suprafață.

Lungimea brazdei influențează cheltuielile legate de amenajare și exploatare astfel;

- creșterea lungimii brazdei influențează favorabil prin mărirea randamentului de suprafață  $\eta_s$  al udării, dar negativ prin reducerea randamentului de utilizare al apei infiltrate  $\eta_p$ ;  $\eta_s$  și  $\eta_p$  influențează consumul de apă și energie pentru udare;

- creșterea lungimii brazdei permite utilizarea mai eficientă a echipamentului de udare și reduce cheltuielile legate de mutarea acestuia;

- lungimi mari de nivelare (lungimea brazdei) conduc la cheltuieli mai importante decât lungimi mici.

În continuare se evidențiază analitic efectul economic al elementului: *lungimea brazdei, l* (H. Leibu).

## 1° Cheltuieli legate de procurarea și întreținerea echipamentului mobil de udare. Criterii de alegere a conductelor pentru distribuția apei la brazde

Conducta de udare servește o suprafață  $S_1$ ;

$$S_1 = \frac{Q_{cu}}{q_{sp}} \eta_p \cdot \eta_s \cdot \eta_t$$

în care:

$Q_{cu}$  este debitul conductei de udare (l/s);

$q_{sp}$  – debitul specific al amenajării (l/s/ha);

$\eta_t$  – randamentul de folosire a timpului zilnic pentru udare;

$\eta_p$  și  $\eta_s$  – ca mai sus.



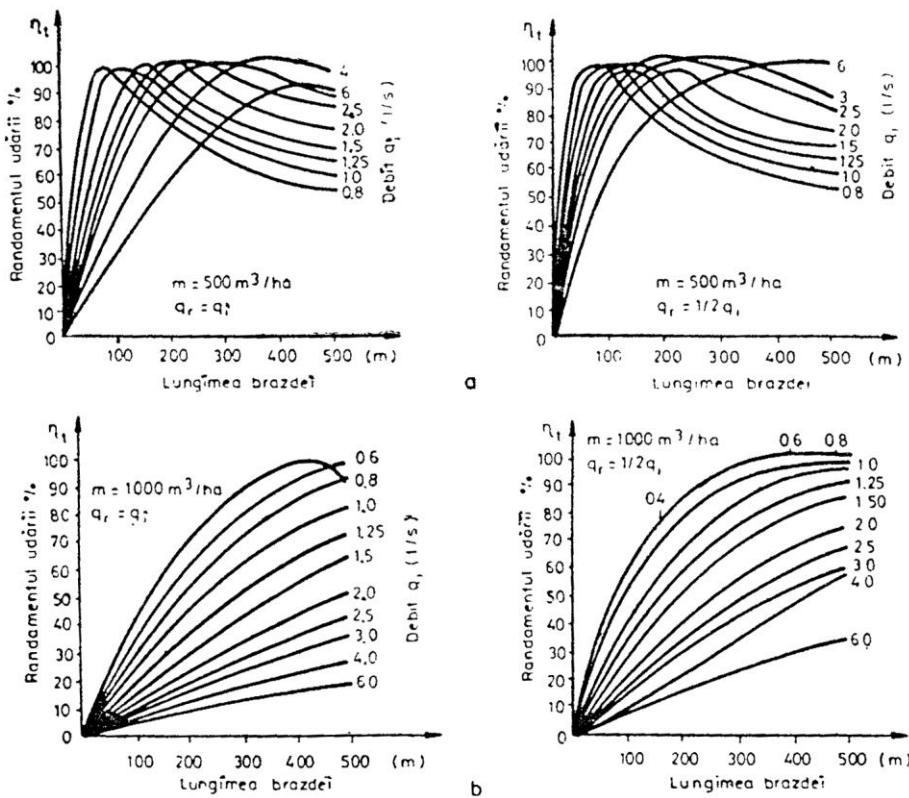


Fig. 1.11. Randamentul total al udării pe brazde:  $\eta_i = \eta_s \cdot \eta_p$  pentru cazul

a)  $m = 500 \text{ m}^3/\text{ha}$ ;  $q_r = q_i$  și  $q_r = \frac{1}{2} q_i$ ;

b)  $m = 1.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ;  $q_r = q_i$  și  $q_r = \frac{1}{2} q_i$ .

La unitatea de suprafață revine o lungime de conductă de udare  $l_1$ :

$$l_1 = \frac{l_{cu} \cdot q_{sp}}{Q_{cu} \cdot \eta_p \cdot \eta_s \cdot \eta_t} r \quad (16)$$

S-a notat cu  $l_{cu}$  lungimea conductei de udare și cu  $r$  un coeficient care ține cont de existența conductei de rezervă.

Rezultă cheltuielile anuale legate de investiția în conducta de udare conform relației:

$$C_{1,1} = \frac{l_{cu} \cdot q_{sp}}{Q_{cu} \cdot \eta_p \cdot \eta_s \cdot \eta_t} r \cdot c \cdot a_c \quad (17)$$

în care:

$c$  este costul conductei [lei/m];

$a_c$  – cota anuală de amortismente, întreținere și reparații la conducte;

Analog se poate scrie și pentru conducta de legătură:

$$C_{1,2} = \frac{q_{sp}}{Q_{cr} \cdot \eta_p \cdot \eta_s \cdot \eta_t} C_1 \cdot a_c \left( \frac{L_s}{2} - l \right) \quad (17')$$

S-a notat cu  $L_s$  – lungimea sectorului servit de echipament (fig. 1.12) și cu  $C_1$  costul conductei de transport.

Brazdele de alimentare se alimentează din canale sau conducte. Canalele, chiar cele provizorii, reprezintă obstacole pentru utilajele agricole, necesită mobilizarea unui volum mare de pământ când brazdele sunt scurte, permit o lungime fixă a brazdelor pe întregul sezon, iar la pante mari ( $> 20\%$ ) pot fi erodate.

Motivul de mai sus au impus conductele de udare pentru distribuția apei la brazde, fiind mai avantajoase în mai multe condiții; mai mult, conductele de udare permit distribuția mai uniformă și fără pierderi a apei la brazde.

Echipamentele de udare pentru irigație prin brazde folosesc debite de ordinul a 25-50 l/s și presiuni de 0,5-10 [mCA]. De remarcat că presiunile de lucru sunt relativ mici, de același ordin de mărime cu pierderile de sarcină, sau cu diferențele de cote ale terenului de pe traseul conductelor.

Conductele de udare, în sistemul clasic – cu echipament mobil – trebuie să permită transportul unui debit practic de udare („modul<sup>\*)</sup>”) și în această limită este

economic ca diametrul să fie cât mai mare.

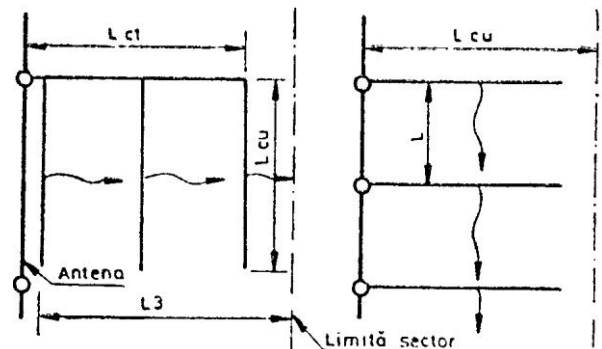


Fig. 1.12. Schema de amenajare cu conducte mobile.

Grosimea peretelui conductei  $g$  satisface relațiile:

$$g \geq \frac{p \cdot D}{2} \text{ și } g \geq g_0 \quad (18)$$

în care:

$p$  este presiunea în conductă [daN/cm<sup>2</sup>];

$D$  – diametrul conductei [cm];

$\sigma$  – rezistența specifică a materialului [daN/cm<sup>2</sup>];

\* Sisteme de Irigații și Drenaje (cap. 3 și 7), V. Blidaru, E.D.P., 1970.

$g_0$  – grosimea limită minimă de realizare a pere-telui conductei, pentru a rezista eforturilor care apar la manipulare [cm].

Presiunile în conductă fiind mici, grosimea  $g$  depinde de  $g_0$  și mai puțin de diametrul conductei. Costul unui metru de conductă este proporțional cu perimetrul acesteia, deci cu diametrul  $D_n$ , pe când debitul ce se transportă – la aceeași viteză – depinde de  $D_n^2$ ; este deci mai economic să se utilizeze conducte cu diametre cât mai mari. Diametrele conductelor de u-da-re sunt limitate de posibilitățile de manipulare, ce de-pind de greutatea materialului.

Limita minimă a diametrelor conductelor pentru distribuția apei la brazde este impusă de condiția reali-zării unor udări uniforme pe terenuri cu pante relativ mari ( $> 20\%$ ).

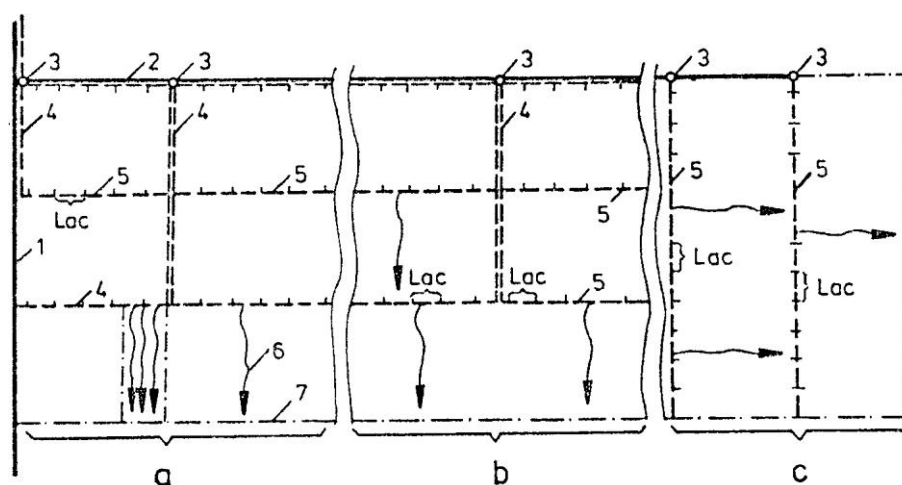
Conductele mobile din materiale flexibile (pân-ză cauciucată, polietilenă) se pot realiza cu diametre de până la 300-350 mm, iar cele metalice (din aluminiu) cu diametre până la 200-250 mm.

Conductele din materiale rigide se pot adapta la o deplasare mecanizată. Există încercări privind de-plasarea prin tractare și a conductelor din materiale flexibile.

Schemele de amenajare pentru irigația prin brazde alimentate din conducte mobile sunt prezentate în figura 1.13.

## 2° Cheltuieli legate de mutarea și supravegherea echipamentului mobil de udare

Presupunem mutarea transversală a conductei de udare. Numărul de poziții ale conductei de udare la o trecere pe suprafața servită este:



**Fig. 1.13.** Scheme de distribuție a apei la brazde cu conducte mobile: a și b – schemă longitudinală; c – schemă transversală; 1; 2 – rețea fixă (canale, jgheaburi, conducte); 3 – gură de apă; 4 – conductă de transport; 5 – conductă de udare cu pozițiile tronsoanelor active; 6 – direcția brazdelor; 7 – limita de udare.

$$N_{pzu} = \frac{Q_{cu} \cdot \eta_p \eta_e \eta_t}{l \cdot l_{eu} \cdot q_{sp}} \quad (19)$$

Notând cu  $D$  durata necesară mutării unui tronson de conductă de lungime  $l$  de pe o poziție pe alta și  $m_u$  numărul de udări pe sezon, rezultă durata totală  $D$  a activității de mutare a conductelor unui set de udare.

$$D_t = D \cdot \frac{l_{cu}}{l_t} \cdot N_{pzu} \cdot m_u \quad (19')$$

Cheltuielile la unitatea de suprafață legate de mutarea echipamentului de udare devin:

$$C_{2,1} = \frac{D_t \cdot K_m}{S_1} C_{1,1} = \frac{D \cdot m_u \cdot K_m \cdot C_0}{l \cdot l \cdot i} \quad (20)$$

$C_0$  este retribuiția orară brută [lei/oră/om].

– Dacă mutarea se face mecanizat, prin încărcarea echipamentului de udare în remorci se obține:

$$C_{2,1}^1 = \left[ \frac{l_{cu}}{l_t} (t_i + t_d + t_c + t_{dc} + t_{dep}) + \frac{l}{v} \right] \frac{C_0 + C_2}{10^{-4} l \cdot l_{cu}} m_u \quad (20')$$

în care:

$t_i$  este timpul de încărcare a unui tronson de conductă în remorcă;

$t_d$  – timpul de descărcare;

$t_c$  – timpul de cuplare a unei conducte;

$t_{dc}$  – timp de decuplare;

$t_{dep}$  – timpul de deplasare până la tronsonul următor (de obicei pe 6 m);

$C_2$  – cheltuieli orare pentru tractor și remorcă;

$v$  – viteza de deplasare a tractorului.

Pentru conductele de transport, rezultă în cazul mutării manuale, cheltuielile  $C_{2,2}$ :

$$C_{2,2} = \frac{l_{ct}}{l_s} d_i \frac{10^4 C_0 m_u}{(l_{ci} + l) \cdot l_{cu}} \quad (21)$$

în care:

$l_{ci}$  este lungimea conductei de transport;

$d_u$  – durata mutării unui tronson.

În cazul mutării mecanizate a conductei de transport rezultă următoarele cheltuieli anuale  $C_{2,2}'$ :

$$C_{2,2}' = \left[ \frac{l_{ci}}{l_t} (t_i + t_d + t_c + t_{dc} + t_{dep}) + \frac{l_{cu}}{v} \right] \frac{(C_0 + C_2) m_u}{10^{-4} (l_{ci} + l) \cdot l_{cu}} \quad (21')$$

Cheltuielile pentru supravegherea conductei de udare includ costul manoperei pentru închiderea și obturarea orificiilor de distribu-

ție (este necesară deplasarea până la mijlocul conductei de udare – în medie – și manevrarea orificiilor). Pe un sezon de irigație la unitatea de suprafață rezultă:

$$C_{2;3} = \frac{q_{br}(t_{dm} + t_m)}{d \cdot l \cdot Q_{cu}} C_0 m_u \quad (22)$$

$$t_m = t_{m1} \frac{Q_{cu}}{q_{br}}$$

în care:

$t_{dm}$  este timpul de deplasare a muncitorului până la mijlocul conductei de udare;

$t_m$  – durata de manevrare a orificiilor;

$t_{m1}$  – durata manevrării unui orificiu și deplasarea la orificiul alăturat.

### 3° Cheltuieli de amenajare a terenului

Amenajarea terenului constă în nivelarea terenului pentru realizarea unei pante continue pe direcția brazdei; se preferă o pantă constantă. Cu cât crește lungimea brazdei, cu atât volumul de terasament ( $V$ ) pentru nivelarea unității de suprafață va fi mai ridicat. Relația  $V = V(l)$  depinde de condițiile de microrelief și se poate stabili pentru fiecare caz studiat ca o medie a valorilor obținute pentru mai multe parcele de nivelare.

Cota anuală a cheltuielilor legate de această lucrare  $C_3$  poate fi evaluată astfel:

$$C_3 = V(l) c_3 a_3 \quad (23)$$

în care:

$c_3$  este costul mediu al unității de terasament la nivelare;

$a_3$  – cota anuală medie a acestor cheltuieli.

### 4° Costul energiei pentru aducerea apei

Pentru stabilirea costului pomparei apei s-au luat în considerație cheltuielile necesare ridicării apei din sursă până la terenul de irigat și pentru transportul acestuia pe rețeaua de distribuție.

Pentru o normă de irigație medie anuală  $M$  [ $m^3/ha$ ], care trebuie ridicată la înălțimea  $H$  [m] rezultă:

$$C_4 = \frac{H \cdot M \cdot c_4}{360 \cdot \eta_p \eta_s \eta_{pp}} \quad (24)$$

în care:

$c_4$  este costul energiei [lei/kWh];

$\eta_{pp}$  – randamentul total al pomparei și transportului apei.

### 5° Randamentul udării

Randamentul udării influențează cheltuielile de udare prin supradimensionarea pe care o impune rețelei de aducțiune-transport (care nu sunt evidențiate aici) și udare ( $C_{1;1}$  și  $C_{1;2}$ ) și cheltuielile legate de pomparea apei.

Evidențierea aspectelor de mai sus se va face (H. Leib) pe baza unui *exemplu de calcul* pentru alegerea lungimii optime a brazdei.

S-au avut în vedere următoarele date de bază:

Caracteristica de infiltrație a solului este dată de relația:

$$y_{[mm]} = 4,7 \cdot t_{[min]}^{0,4} \quad (25)$$

Norma de irigație medie este de  $2.800 m^3/ha$  și se administrează în 4 norme de udare.

Randamentul udării calculat cu procedurile prezentate anterior este dat în graficul din figura 1.14.

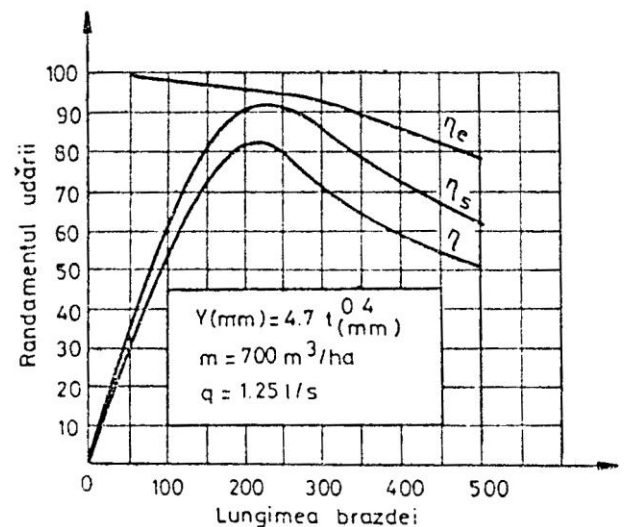


Fig. 1.14. Randamentul udării pe brazde pentru exemplul dat.

S-a considerat că se utilizează echipamentul de udare EUBA-150 și că mutarea se execută manual.

Volumul de terasament pentru nivelare s-a considerat, pentru exemplul dat, de forma:

$$V = 300 + 0,45 \cdot l \quad [m^3/ha]$$

pentru realizarea unei pante de circa 5%.

Pentru calculul consumului de energie s-a considerat  $H = 40$  m și  $\eta_{pp} = 0,7$ .

S-au avut în vedere costurile practicate în 1986 pentru echipamente, pentru mutare, energie, terasamente și au rezultat valorile din tabelul 1.4.

Rezultă că există o lungime pentru care cheltuielile anuale provenite din investiția pentru amenajarea și exploatarea acesteia sunt minime.

Pentru exemplul dat, lungimea optimă este în jur de 200 m, care este o valoare apropiată de zona cu randament maxim al udării.

Creșterea costului energiei poate identifica lungimea optim economică de cea cu randament maxim al udării.

Folosirea unor aducțiuni și distribuții gravitaționale poate avea ca efect creșterea lungimii optim economice, cu condiția refolosirii apei scurse în aval. '

**Tabelul 1.4.** Calculul lungimii economice a brazdei

Cheltuieli (lei/ha/an)	Lungimea brazdei (m)						
	50	100	130	200	300	400	500
	$\eta_u$ 0,33	0,59	0,78	0,87	0,76	0,60	0,50
C-1.1	394	220	166	149	171	217	260
C-1.2	51	57	65	77	133	225	337
C-2.1	87	43	30	23	16	12	10
C-2.2	10	5	3	3	2	1	1
C-2.3	113	56	37	28	19	14	11
C-3	100	120	140	160	200	240	280
C-4	348	374	359	322	358	467	560
Cheltuieli totale anuale (lei/ha/an)	1603	977	800	762	909	1.175	1.459

### 1.1.3. DISPOZITIVE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU DISTRIBUȚIE, CONTROL, PROTECȚIE ȘI AUTOMATIZARE A SCURGERII APEI, LA BRAZDE

Irigația prin scurgere la suprafață beneficiază de un bogat set de dispozitive și echipamente pentru distribuția, controlul și protecția scurgerii apei în elementele de udare (brazde, fâșii, parcele), fie din conducte sub presiune, fie din canale, precum și în scop de automatizare. Eforturile pentru creșterea eficienței tehnicii de irigare prin scurgere la suprafață, pe brazde, au fost canalizate (I. Nicolaescu și H. Leibu) și spre realizarea unor echipamente pentru distribuția automată a apei cu debit variabil.

Distribuția automată cu debit variabil de alimentare a brazdelor se poate realiza atât din canale cât și din conducte. Canalele reprezentând construcții greoaie – fixe pe direcția de lucru a utilajelor agricole, au fost reținute conductele de udare, care pot fi fixe numai pe durata sezonului de irigație.

Instalațiile realizate (H. Leibu, figura 1.15) au elemente de comandă și execuție cu acționare hidraulică, utilizând energia apei din rețea. Se poate realiza o creștere a performanțelor instalațiilor prin folosirea comenzilor electrice.

Pe plan mondial, cele mai folosite echipamente și dispozitive de distribuit apa la brazde sunt de tipul Waterman (fig.

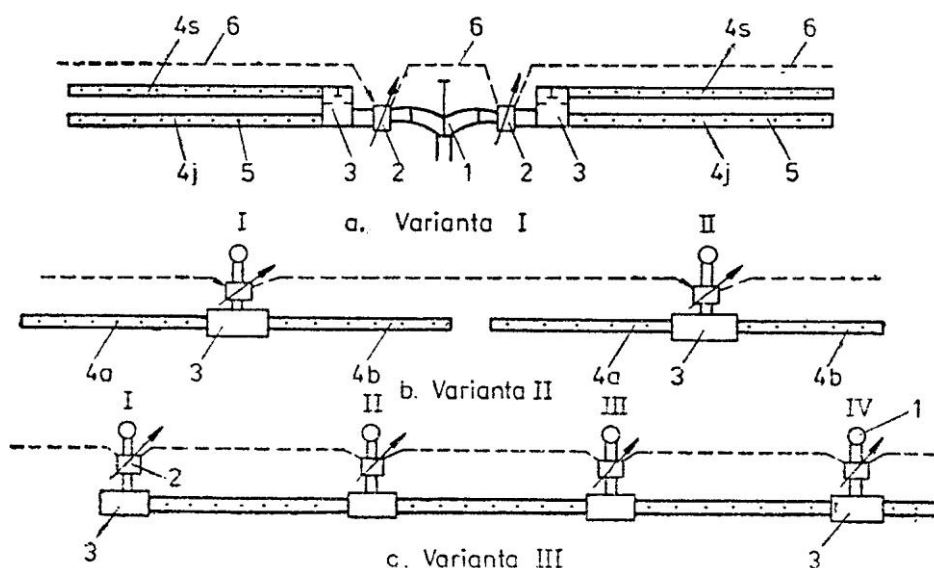
1.16): 1. Vana de linie H-30, valabilă pentru mai multe seturi de conducte; 2. Supapa de suprapresiune, care funcționează în condiții dificile și are o înaltă eficiență la debite maxime; 3. Supapa de dezaerisire și de eliminare a vacuumului, realizată în mai multe tipuri este disponibilă pentru mai multe necesități; 4. Clapetul protejează echipamentul stației de pompare împotriva curentului invers; 5. Hidrantul universal care asigură tranzitarea apei de la supapa aflată la conducta de suprafață; 6. Supapa de descărcare, un dispozitiv foarte rezistent, care asigură trimiterea curentului de apă în rigola ce alimentează brazdele, fâșiile și parcelele; 7. C-10 stavilă de canal, ce permite branșarea acestuia.

Aceste dispozitive dovedindu-se rezistente și sigure în exploatare, se bucură în tehnica irigației de o răspândire mare într-o serie de zone ale lumii. În figura 1.17 se prezintă imaginea unor amenajări de irigații prin scurgere la suprafață, cu diverse tehnici de udare (brazde, fâșii, parcele), în care se poate urmări rolul și amplasarea fiecărui dispozitiv (1...7), indicat în figura anterioară.

Marea gamă de echipamente și fiabilitatea acestora au contribuit la ridicarea tehnicii de irigat prin scurgere la suprafață, la parametrii celor mai moderne procedee concurându-le chiar.

Toate echipamentele, indiferent de poziția ce o ocupă în sistem, sunt proiectate și realizate pentru a asigura, în tehnica irigației de suprafață, siguranța în exploatare (fig. 1.18).

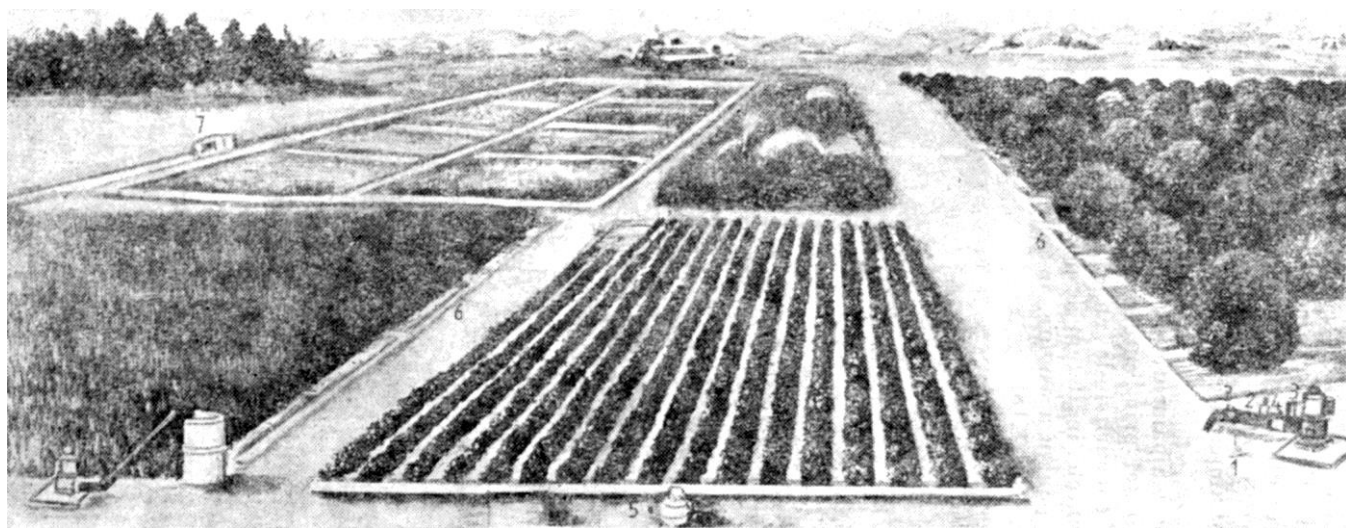
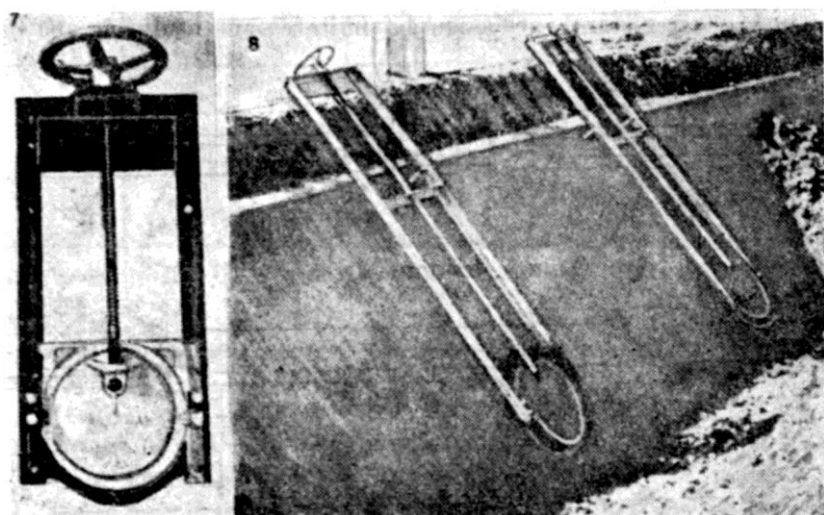
Stavilele și supapele asigură o distribuție și un control precis al apei, devenită extrem de prețioasă în întinsele masive irigate. Funcționarea liniștită și buna etanșare a acestor dispozitive conferă parametri ridicați procedeelor de udare prin scurgere la suprafață.



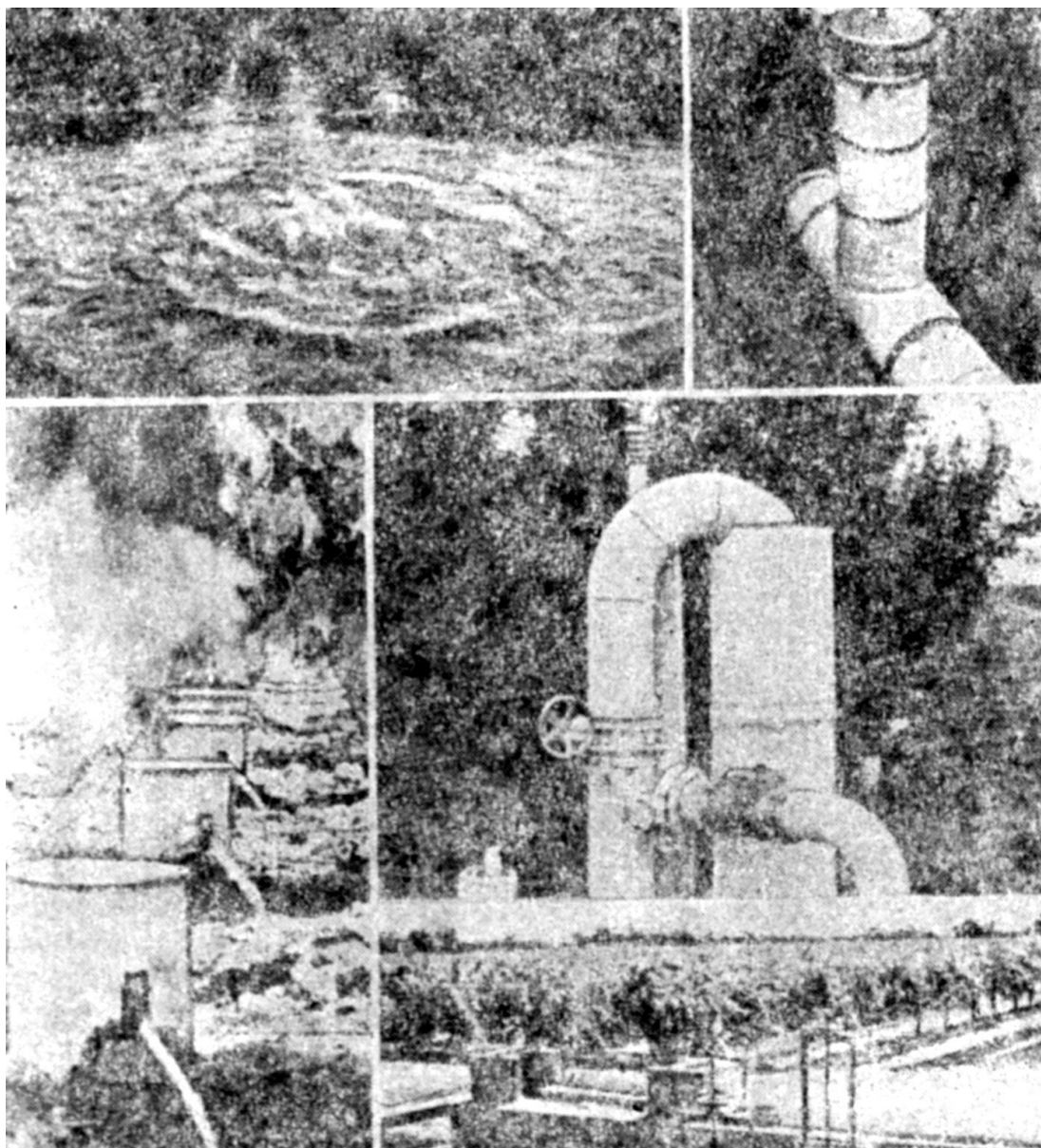
**Fig. 1.15.** a, b, c. Variante de alimentare a brazdelor cu debit variabil: 1 – hidrant; 2 – element de comandă (integrator); 3 – dispozitiv de distribuție; 4 – conducta de udare; 5 – orificii de udare (1, 2, 3... n); 6 – element de transmisie comandă.



**Fig. 1.16.** Dispozitive Waterman ce pot echipa rețele de irigații prin scurgere la suprafață:  
 1 – vană de linie H-30; 2 – supapă de suprapresiune; 3 – supapă de aerisire-dezaerisire; 4 – clapet; 5 – hidrant universal; 6 – supapa de descărcare; 7 – stavilă de canal C-10; 8 – modul de amplasare a stavilei C-10, pe canal.



**Fig. 1.17.** Poziția dispozitivelor ce reglează scurgerea în tehnica irigației de suprafață (prin brazde, fâșii, parcele, rampe perforate, inundare).



**Fig. 1.18.** Detalii asupra amplasării, componenței și modului de funcționare al dispozitivelor și echipamentelor hidro-mecanice, în tehnica irigației de suprafață.

Supapele de eliminare a aerului, a vacuumului și cele de suprapresiune asigură o bună protecție a conductelor împotriva condițiilor adverse create de curențul de apă sub presiune.

Protejarea echipamentelor de pompare este asigurată de clapete realizate în diverse soluții.

Toate aceste dispozitive sunt echipate cu fitinguri care asigură o montare ușoară și cu garnituri de cauciuc pentru etanșare.

În figura 1.19 se prezintă tehnica alimentării cu apă – prin intermediul unui hidrant – a conductei de distribuție ce deservește brazdele ce udă o școală de viță de vie din Visalla, California.

În ultima perioadă, într-o serie de țări, ca și în țara noastră, se experimentează distribuția apei în brazdă prin intermediul unor furtune legale la ștuțurile conductei (consolei) unui agregat de aspersiune.

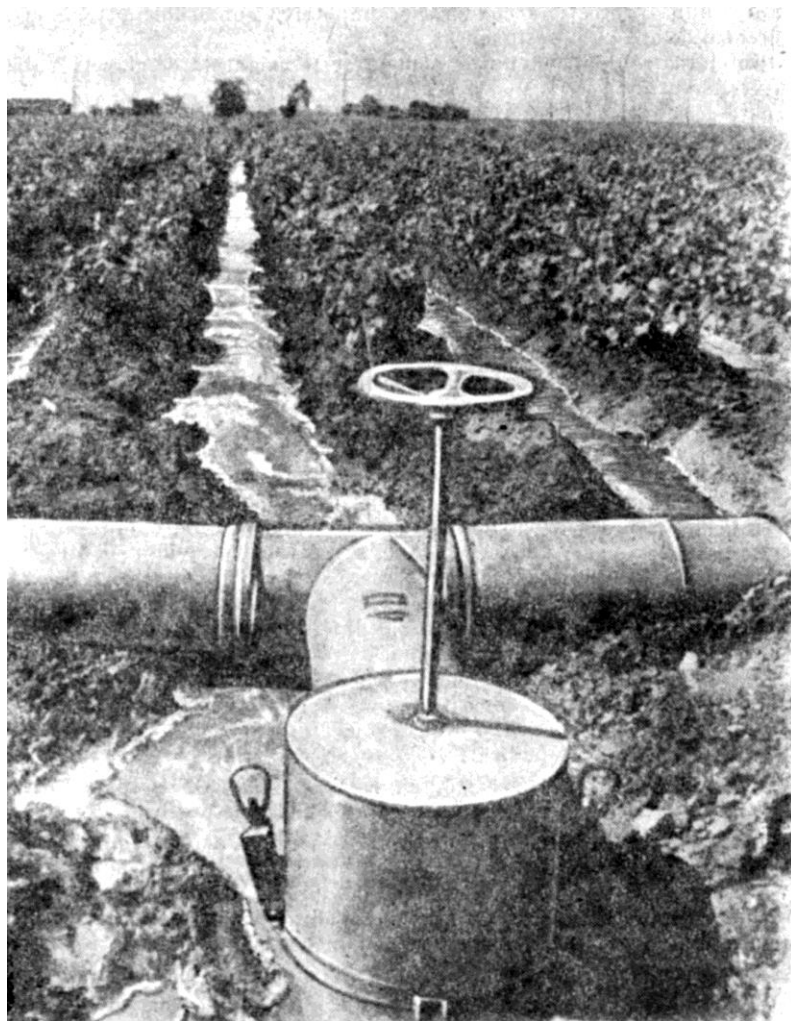
## 1.2. RAȚIONALIZĂRI ÎN TEHNICA IRIGAȚIEI PRIN ASPERSIUNE

Referirile privesc atât realizarea de sisteme noi de irigații, cât și modernizarea și includerea celor vechi în schemele hidrotehnice complexe.

Tratând problema aspersiunii în cadrul schemei hidrotehnice gravitaționale, considerăm că problema energiei se poate rezolva implicit din structura schemei hidrotehnice.

Energia necesară acționării agregatelor și instalațiilor se poate obține atât prin poziția altimetrică superioară a surselor de apă față de suprafața irigabilă, deci gravitațional, cât și în rețele de micro-hidro-centrale inserate în schema hidrotehnică gravitațională (v. cap. 2).





**Fig. 1.19.** Tehnica distribuției apei, prin intermediul hidrantului, la brazdele de udare (școala de viță de vie din Visalla, California, SUA).

Tehnica irigației prin aspersiune fiind destul de amplu analizată în lucrările de specialitate, nu va constitui obiect de analiză în această lucrare, privind „raționalizări în irigații și drenaje”, decât în măsura în care se impun unele sublinieri – „raționalizări”.

În etapa 1990-2000, această tehnică (aspersiunea), cu toate calitățile ce le înscrie, s-a confruntat cu o serie de dificultăți rezultate din:

- extinderea amenajărilor de irigații pe terenuri de coline, dealuri, versanți, platouri, cu relief neregulat, cu pante mari, cu folosințe variate și amplasate pe suprafețe limitate și de forme impuse de orografie și diversele obstacole, cu terenuri afectate de eroziuni și alunecări, cu fenomene de îngheț (timpuriu toamna și târziu primăvara) dăunător plantațiilor viti-pomicole;
- deficitul de apă, energie și forță de muncă, specifice acestor zone;
- dificultatea transportării apei pe rețele lungi și cu caracteristici relativ uniforme în scurgere (debite, presiuni etc.).

Aceste aspecte, considerate ca principale, fără a

fi însă singurele, au determinat autorii să rețină pentru „raționalizări” în tehnica aspersiunii următoarele probleme:

1°. Trasee economice pentru rețelele (sub presiune) de aducțiune, și distribuție a apei, la diversele folosințe, situate dispersat și la cote diferite, situație specifică zonelor pe care urmează să se extindă cu prioritate irigațiile (coline, dealuri, platouri) și calculul rețelilor.

2°. Aparare și dispozitive de control și protecție specifice rețelilor cu trasee și regimuri de funcționare foarte variate, precum și aparate și dispozitive pentru prize de apă din aceste rețele, care să asigure presiunile și debitele dorite.

3°. Aparare de distribuit apă (aspersoare) pe teren, la culturi, în condiții impuse de calitatea reclamată de cerințele de irigare, dar și de cerințele de protecție a solului (nerodare) și a plantelor (antigel).

La tematica specifică celor trei probleme (1°, 2°, 3°) se adaugă și prezentarea unor echipamente de udare (4°), de mare productivitate și cu independență în exploatare, prin autodeplasare, care sunt indicate și în plantațiile pomicole. Sigur că trebuie să se înțeleagă necesitatea prealabilă a modelărilor și nivelării lor de rigoare, specifice într-o irigare de mare randament chiar pe terenurile cu pante mari, unde modelarea se poate face în soluția teraselor cu lățimi mari (multiplu de semănători).

Prezentarea celor 4 probleme se va face în ordinea înscrisă mai sus: 1°, 2° 3°. 4°.

### 1.2.1. REȚELELE DE DISTRIBUȚIE, ÎN CONDIȚIILE UNOR FOLOSINȚE DISPERSATE ȘI ALE UNUI RELIEF NEREGULAT. CALCULUL REȚELELOR; LINII DIRECTOARE

#### 1° Trasee economice

Proiectarea rețelei de distribuție implică rezolvarea problemelor legate de: 1) prizele de apă – hidranți, borne de irigare, vane (amplasament, caracteristici tehnice și funcționale); 2) traseele rețelilor de conducte; 3) diametrele optim economice; 4) protecția rețelei ș.a.

După cum s-a precizat, în acest subcapitol vor fi tratate *traseele* rețelilor pentru soluția II, care se referă la terenuri cu relief neregulat, cu o sistematizare hidrolică-agrară mai puțin riguroasă (spre deosebire de



soluția I, specifică zonelor joase, de câmpie) și cu folosințe diverse, amplasate la cote diferite. În soluția II prizele de apă (bornele de irigație) ocupând poziție prioritară și deci impusă, traseele conductelor nefiind impuse, pot fi alese optim economic.

În soluția  $S_2$ , rețeaua de conducte având rol de legătura între bornele de irigație, este normal să se adopte traseul optim economic. Ținându-se seama de poziția geografică și altimetrică a bornelor de irigație și de eventualele obstacole dintre toate traseele posibile ale rețelei de conducte ( $R_c$ ) există numai unul singur care este cel mai economic.

Dacă toate conductele ar avea aceleași diametre, la punctul de branșament unde se întâlnesc trei conducte (una de aducțiune și două derivații), traseele fac între ele un unghi de  $120^\circ$ . Realizând organizarea rețelei în aceste condiții, se asigură traseul celor mai scurte lungimi, care însă nu este echivalent cu traseul cel mai economic, diametrele conductelor nefiind identice. Conductele cu diametrele cele mai mari fiind mai scumpe, este firesc să se urmărească scurtarea lungimii acestora, ca urmare a modificării unghiului ce corespunde punctului de branșare. Optimul se atinge atunci când vectorii având ca direcție cele trei trasee ce ajung la punctul de branșare și ca lungime, segmente proporționale cu prețul unitar al celor trei conducte, au o rezultantă geometrică nulă. Din construcția geometrică se determină soluția optimă.

Din cele de mai sus se evidențiază două probleme, cu unele dificultăți în rezolvare.

1. Determinarea traseelor economice presupune cunoașterea diametrelor; dar, în această fază de studiu-proiectare diametrele nu sunt încă stabilite (cunoscute), ele depinzând și de aceste trasee. Practic, problema se rezolvă prin aproximații succesive; o singură aproximație este în general suficientă. Se stabilește mai întâi traseul celor mai scurte lungimi (traseul la  $120^\circ$ ), care permite un prim calcul al diametrelor. De aici se trece la traseul economic real și la o nouă ajustare a diametrelor alese (calculate) mai înainte.

2. A doua dificultate în problema traseelor constă în organizarea optimă a rețelei. Fiind impuse o serie de restricții în planul de situație pe care urmează să se traseze rețeaua (restricții rezultate din poziția punctelor de deservire, bornele sau hidranții de irigație  $H_i$ , precum și a limitelor unor zone de restricții: căi de comunicație ce nu se pot traversa prin conductele de irigații, zone aglomerate cu interziceri pentru rețele, puncte de trecere) fixarea traseului inițial al rețelei constituie o parte din organizarea generală, în care buna și complexa pregătire a proiectantului joacă un rol hotărâtor.

Metodele de proiectare a traseelor optim economice ale rețelelor, fiind în continuă evoluție, preocupă pe specialiștii în irigații din întreaga lume.

În categoria perfecționării metodelor de proiectare a rețelelor (cu întregul echipament) se pot înscrie modelele matematice ce au ca obiect cercetarea optimului; ca exemplu, aici se pot încadra:

– găsirea algoritmului care permite cea mai bună organizare a rețelei (cu cercetările pentru a se ajunge la o automatizare a traseului);

– ansamblul funcțional: stația de pompare – conducta de refulare – rezervoarele de presiune – rețeaua de conducte;

– echipamentul parcelelor (folosințelor) care să permită automatizarea proceselor de irigare-udare (alimentare cu apă), în concordanță cu „cererea” culturilor agricole (și a altor beneficiari), precum și cu capacitatea de satisfacere a rețelei de distribuție și a sursei.

*Considerații asupra debitelor.* Distribuția apei pe  $R_c$  făcându-se în mod curent prin una din metodele: rotație – „tur de udare” sau la „cerere”, rezultă că stabilirea debitelor de tranzit prin rețea (debit pe un tronson de conductă cuprins între două puncte de prelevare) trebuie să urmeze studiului traseelor și să premerge studiul diametrelor.

În cazul primei metode, tur de udare, nu apar dificultăți, întrucât debitul total într-o secțiune reprezintă suma debitelor prizelor din aval ce funcționează în același tur (valoarea maximă).

În cazul metodei a doua, la cerere, unde folosințele reclamă apa atunci când au nevoie (de exemplu, la cerințele fiziologice ale plantelor transmise automat rețelei ș.a.), sau când beneficiarul devine liber să ude sau să folosească apa când vrea, debitul de vârf maxim într-o secțiune este egal cu suma debitelor tuturor prizelor situate în aval; dar probabilitatea ca toate prizele să fie deschise concomitent este atât de mică, încât nu este rațional să se dimensioneze rețeaua pentru acest debit maxim.

Pentru calcularea debitelor maxime probabile, ca și pentru a reprezenta funcționarea rețelei s-au elaborat două metode matematice.

*Primul model matematic*, care se referă la o formulă de probabilitate gaussiană, conduce la prima formulă a cererii, care introduce doi parametri; 1) gradul de utilizare în timp a rețelei și 2) calitatea funcționării.

1. Gradul de utilizare a rețelei, care indică timpul real de funcționare din cursul unei zile și care are o influență esențială asupra costului rețelei, constituie subiect de discuții și interpretare în rândul specialiștilor proiectanți.

Sistemele de irigații executate în urmă cu câțiva ani erau prevăzute cu grade de utilizare de 0,67 (16 ore din 24) sau 0,75 (18 ore din 24). Pentru sistemul de irigații Ialomița-Călmățui (I.S.P.I.F. București) este proiectat un grad de utilizare de 0,83 (20 ore de funcționare din 24, în anii medii) sau 0,92 (22 ore din 24, în

anii excesiv de secetoși, anul de calcul cu asigurare de 80%). Pentru noile sisteme, din rațiuni tehnice și economice, gradul de utilizare a rețelei trebuie să fie aproape 1. Dacă acest coeficient scade de la 1 la 0,75, apoi la 0,66, costul rețelei crește respectiv de la 7 la 11%. Este necesar deci să fie depuse eforturi pentru a se adopta un grad (calitate) de funcționare a rețelei de 99%, care implică o probabilitate de pierdere de 1%, ce are o influență redusă asupra costului rețelei.

Formula cererii se aplică ansamblurilor de prize ale căror caracteristici de funcționare (debit și durată de deschidere) pot fi considerate ca omogene sau ca repartizându-se ele însele după o lege normală. În mod normal, însă, folosirea debitelor la prize normalizate are drept consecință că ansamblul prizelor este constituit, de fapt, din suprapunerea mai multor subansambluri. Formula cererii se poate aplica fiecărui subansamblu și, ca urmare a proprietăților extinse ale legii lui Gauss, la totalul ansamblurilor – formula cererii generalizată (P. Clement).

*Al doilea model matematic*, mai evoluat, plecând de la un proces aleator de apariție și dispariție, a dus la elaborarea celei de a doua formule a cererii, asemănătoare cu prima. Cea de a doua formulă, mai complexă ca aplicare, se caracterizează prin: abordarea mai exactă a realității, evidențierea erorilor proiectanților care adoptă un „grad (calitate) de funcționare” mai ridicat la partea terminală a rețelei decât la începutul ei. Aplicarea celei de a doua formule a cererii constă de fapt în a alege grade (calități) de funcționare de aproximativ 95 la 99%, pentru rețele mici (de ordinul câtorva zeci de prize) și respectiv rețele mari (de câteva sute de prize).

În legătură cu stabilirea debitului care dimensionează rețeaua în metoda „la cerere” trebuie să se rețină precizările că cele prezentate anterior sunt raportate la nivelul întregii rețele (rețeaua colectivă, care deservește pe toți beneficiarii), în distribuția „la cerere” și că beneficiarul are libertatea să folosească apa, în cadrul întregului plot (cu parametrii integrați în probabilitatea sau în frecvența de funcționare a prizei) după un indicator destul de variabil. În condiții medii, indicativul variază după regiuni, de la 1 la 7, corespunzând aproximativ la frecvența de funcționare a prizelor, variind respectiv de la 50% la 15%.

Cele de mai sus subliniază că la avantajele „psihologic”, și „agrotehnic”, combinate cu factorul „economie de apă” pe care le are beneficiarul în distribuția „la cerere”, se opune aspectul economico-constructiv al realizării rețelei, care înregistrează costuri ce variază cu 10-20% pentru valorile extreme indicate mai sus. În Franța este adoptat un indicator de libertate cuprins între 3 și 6 (corespunzând aproximativ frecvențelor de funcționare a prizelor cuprinse între 0,3 și 0,16).

Problema distribuției „la cerere” implică, după cum se vede, o analiză competentă și plină de răspundere, fiind destul de greu de stabilit, în prezent, valoarea social-economică a acestei „libertăți”. Cu toate acestea, realizarea unui sistem de irigații cu funcționare total automată nu se poate concepe fără distribuția „la cerere”. Desigur limitele de „cerere” trebuie stabilite cu mult discernământ.

Într-o rețea de distribuție rațional concepută, nefiind vorba numai de un singur ansamblu de debit de vârf pe tronson, ci de mai multe ansambluri de debite, fiecare potrivit la o probabilitate de caz, este de dorit de a se crea posibilitatea reprezentării într-un mod mai realist a funcționării la cerere. Printr-o metodă de simulare s-ar putea determina ansamblurile de debite la care ne referim.

Această nouă abordare a problemei ar conduce desigur la o rețea economică destul de diferită de cea care se concepe în prezent, pentru că ar trebui să fie susceptibilă să se adapteze la mai multe ansambluri de debite, iar „calitatea funcționării” ar putea să fie fixată în funcție de criteriile economice și nu aprioric.

În privința conductei de aducțiune problemele sunt mai simple, traseul fiind impus și numai evoluția debitelor de tranzit este aleatorie.

*Considerații asupra diametrelor.* Ultima problemă legată de proiectarea  $R_c$  este aceea a alegerii diametrului economic pentru fiecare tronson de conductă, care să satisfacă condițiile de presiune și debit la priză  $H_i$  și dintre toate ansamblele de diametre posibile, numai unul singur, pentru fiecare tronson, este cel mai economic.

Aplicarea formulelor cererii (care se face la calculator) conduce la calculul diametrelor conductelor. Se remarcă faptul că la fiecare nod nu există o egalitate între suma debitelor intrate și aceea a debitelor ieșite.

În legătură cu metodele folosite pentru stabilirea diametrelor economice și cu efectul economic al diferitelor procedee de calcul se aduc următoarele precizări:

1. Ca metode de calcul se pot distinge: metode continue și metode discontinue. Prima metodă (continuă), greu de aplicat, conduce la determinarea de diametre oarecare, care trebuie transformate ulterior în diametre normalizate – comerciale.

A doua metodă de optimizare (discontinuu), fundamentată de Yves Labye, programată pe calculator, are o utilizare largă și ușoară (necesitând timpi de calcul reduși, chiar pe mașini mici și medii). Această metodă constă în a construi pentru fiecare tronson o curbă caracteristică, reprezentând costul în funcție de pierderea de sarcină  $P(H)$ , deci în funcție de diametru. Curbele caracteristice obținute sunt curbe poligonale concave (diametrele formează un ansamblu discret).

Plecând de la aceste curbe caracteristice, se construiește (mergând din aval în amonte și din aproape în aproape) curba caracteristică a rețelei.

2. Ca efecte economice aduse prin aplicarea metodei Labye pe ordinator, în determinarea diametrelor rețelei, comparativ cu determinările manuale ale unui proiectant cu experiență se înscriu economii medii de 3%; economia reală medie se situează în jur de 10-30%. La acest mare avantaj economic trebuie adăugată și exactitatea rezultatului, care nu se asigură cu o metodă manuală.

În concluzie, eficacitatea metodei discontinue ducând la precizii maxime cu prețuri ale calculului minime, poate fi generalizată în tehnica irigației cu conducte sub presiune.

După fixarea diametrelor pentru întreaga RC\* se poate finaliza lucrarea privind „proiectarea rețelei”, stabilindu-se:

- antemăsurătorile și devizul estimativ (care se stabilesc automat, cu calculatorul, prin programe înlănțuite de cele enunțate mai sus – pentru calculul debitelor și diametrelor). În aceste operații se includ și profilele longitudinale ale RC, care se pot stabili, de asemenea, în mod automat cu ordinatorul, plecându-se de la planul de situație cotelat corespunzător;

- măsurile de protecție a RC contra suprapresiunilor;

- dispozitivele de distribuție a apei pe parcelă;

- aparatajul de telecomandă și telemăsură din parcelă, care asigură irigația-udarea automat.

*Considerații asupra schemelor de instalații de udare alimentate prin prizele bornelor de irigație în  $S_2$*

Întrucât în  $S_2$  apar o serie de diferențieri față de  $S_1$  în adoptarea și funcționarea echipamentelor de irigare și udare, se vor da pe scurt unele referiri în acest sens. Trebuie reținut că în  $S_2$  elementul determinat al RC îl constituie „priza de apă” (borna de irigație), la care se racordează echipamentul de udare.

În interiorul uneia sau mai multor exploatare, pentru cazul aspersiunii cu aspersoare de presiune medie, pornind de la o priză de apă (bornă) care poate să deservească suprafețe diferite, instalația de udare poate

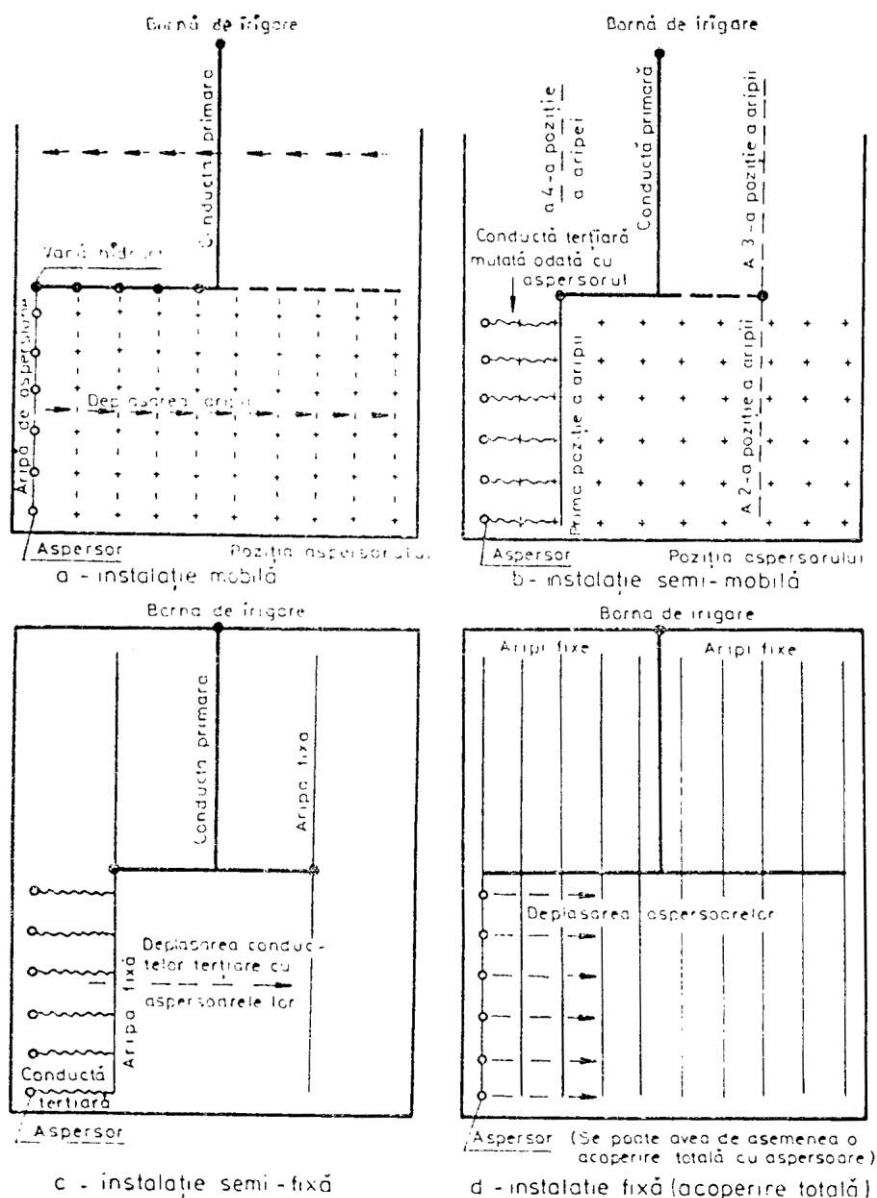


Fig. 1.20. Principalele tipuri de instalații de udare în soluția  $S_2$ .

fi: mobilă, semi-mobilă, semifixă și fixă (fig. 1.20).

Conducta primară sau de legătură transportă tot debitul prizei de apă, alimentând conductele secundare și rampele (aripile) de udare, pe care sunt branșate fie aspersoarele, direct, fie conductele terțiare, care ajung (fiecare) la un aspersor ce se deplasează în același timp cu conducta terțiară.

Pentru un teren (parcelă) de formă dată, orientarea și lungimea rampelor de udare diferă după amplasamentul prizei de apă, la marginea sau la centrul terenului și după traseul conductei de legătură (primară).

Schemele din figura 1.20 arată că între soluțiile extreme (ca echipare, cost investiții, cheltuieli de exploatare), adică între instalația mobilă, în care întregul echipament se mută și instalația fixă, în care se deplasează numai aspersoarele, se înscriu și alte soluții în-

\* RC – rețea conducte.

termediare, care se pot diversifica încă după posibilitățile financiare și forță de muncă de care dispun unitățile beneficiare.

Gama de instalații care în prezent este foarte largă, oscilând între tipurile extensive, cu deplasări (mutări) totale, și cele intensive, cu instalații total fixe, sau autodeplasabile, care facilitează introducerea automatizării în tehnica irigației.

*Traseul economic al rețelei de distribuție, de tip ramificat în soluția S<sub>2</sub>. Metoda Rousset.* Analizele comparative demonstrează că în cele mai frecvente cazuri se pot realiza economii ce ajung până la 9% (ale costului unei rețele), în cazul aplicării metodei M. Rousset, comparativ cu situația în care traseul a fost fixat empiric. Metoda se poate executa manual, dar poate fi adaptată pentru calculul cu ordinatorul. Ea se desfășoară în mai multe faze succesive, care definesc un traseu inițial ce se ameliorează progresiv, până se ajunge la traseul economic.

Adoptarea unui traseu optim – economic permite reducerea lungimii conductelor și aceasta duce la reducerea diametrelor lor pentru aceeași pierdere de sarcină.

Această metodă este utilizabilă în special când limitele funciare (sistemizarea teritoriului) nu impun restricții, iar în caz contrariu poate fi utilă pentru definirea (trasarea) structurilor principale ale rețelei (rețeaua principală).

Fazele succesive ale metodei sunt:

1. traseul prin aproximație – traseul nr. 1;
2. traseul la 120° – traseul nr. 2;
3. traseul economic – traseul nr. 3;
4. traseul economic ameliorat.

Analizarea în detaliu, cu exemplificări a traseelor corespunzătoare fazelor succesive, enunțate mai sus, fiind publicată în lucrarea unuia din autori (V. Blidaru „Sisteme de Irigații și Drenaje”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976), în continuare vor fi reținute numai unele concluzii. Astfel:

1. *Traseul prin aproximație.* Permite construirea traseului de lungime minimă, având ca vârfuri punctele de livrare a apei (prizele hidranților sau bornele de irigație), se obține prin adoptarea practică a unui algoritm clasic al teoriei grafelor – algoritmul Kruskal – al cărui enunț este: „se obține un traseu de lungime minimă legând segmentele (muchii) în ordine crescândă a lungimilor și eliminând de fiecare dată pe acela care formează un ciclu cu muchiile deja luate (evaluate)”.

2. *Traseul cu cele mai scurte lungimi sau traseul la 120°.* Pentru ameliorarea primului traseu (prin aproximație) și scurtarea lungimii, făcându-se abstracție de debite și costul conductelor, se creează puncte de joncțiune intermediare. Se diferențiază două variante ale metodei: a) cazul a trei puncte obligate (prize de apă)

și b) cazul a „n” puncte obligate.

3. *Traseul economic.* Traseul al doilea, la 120°, prezentat anterior, nu ține seamă de prețul conductelor ce compun rețeaua, respectiv debitele de transport și de diametre. A treia fază a metodei M. Rousset constă în corijarea (ameliorarea) traseului după construcția la 120°, luând în considerare costul conductelor.

Pentru a se trece la faza a treia (traseul economic) este necesar să se cunoască diametrele conductelor pentru traseul anterior la 120°. Aceste diametre se determină în funcție de debitele de tranzit și se optimizează (diametrele).

Pentru ca construcția să fie posibilă, este necesar ca prețul conductei amonte să fie interior sumei prețurilor celor două conducte din aval. Practic această condiție este totdeauna satisfăcută.

Metoda Rousset efectuată în cele trei faze (traseul prin aproximație, la 120° și economic) prezintă neajunsul că înlănțuirea acestora (trei faze operații) este lipsită de rigurozitate, deși fiecare traseu în parte este riguros pentru scopul întocmit (ameliorarea traseului precedent).

Autorul metodei evidențiind acest neajuns, indică și unele posibilități de ameliorare (sub formă de traseu economic ameliorat).

4. *Traseul economic ameliorat.* Amploarea traseului economic, obținut anterior, trebuie să conducă la optimizarea integrală a rețelei sub presiune, atât în ceea ce privește traseul cât și diametrele, respectiv costul, în funcție de debitele și presiunile necesare.

Problema comportă luarea în considerație a unui număr mare de parametri.

Până în prezent s-a ameliorat (M. Rousset) traseul economic în sensul asigurării unei înlănțuiri riguroase a celor trei etape (prin aproximație, la 120° și economic), ajungându-se la optimizarea structurii rețelei.

Imperfecțiunile traseului (în faza a treia – economic neameliorat) sunt legate de întortocherea conductelor principale și reîntoarcerile antenelor (conductele de serviciu) spre amonte, spre stația de punere sub presiune.

Aceste defecțiuni se ameliorează luându-se în considerație ansamblul datelor existente în această fază de studiu: poziția punctelor (hidranților) defavorabile, presiunile necesare în fiecare punct, debitul de transportat și diametrul fiecărui tronson.

Orice transformare sau ameliorare a traseului trebuie verificată, testată printr-o optimizare a diametrelor, care să dovedească aducerea unei diminuări a costului.

Prin încercări succesive (minimum 3 sau 4) se va ajunge la obținerea unei soluții satisfăcătoare (fig. 1.21).

Înlănțuirea operațiilor preconizate de M. Rousset este redată în schema din fig. 1.22.

Pentru ilustrarea metodei, cu avantajele sale tehnice și economice, autorul (M. Rousset) a analizat comparativ – pentru cele 4 faze – rețeaua de irigații sub presiune Vest de Aix – Franța (v. fig. 1.21).

Datele înscrise în tabelul 1.5 indică necesitatea aprofundării studiului traseelor, prin importanțele economice aduse de traseul economic ameliorat.

**Tabelul 1.5.** Analiza comparativă a costului rețelilor sub presiune în diferite trasee

Traseul	Mărimi	Rețeaua VEST-AIX (1.000 ha)
Traseu neoptimizat	Lungime	40,0 km
	Cost total	3 370 000 F*
Primul traseu economic	Lungime	36,4 km
	Cost total	3 137 000 F
	Economie	7,2%
Traseul economic final	Lungime	37,2 km
	Cost total	3 070 000 F
	Economie	9%

\* F = franci francezi (valori după 1971).

Diferențele mari ale costului provin din reducerea lungimii conductelor principale, cu diametru mare ( $D_n > 400$  mm), care formează de fapt structura rețelei.

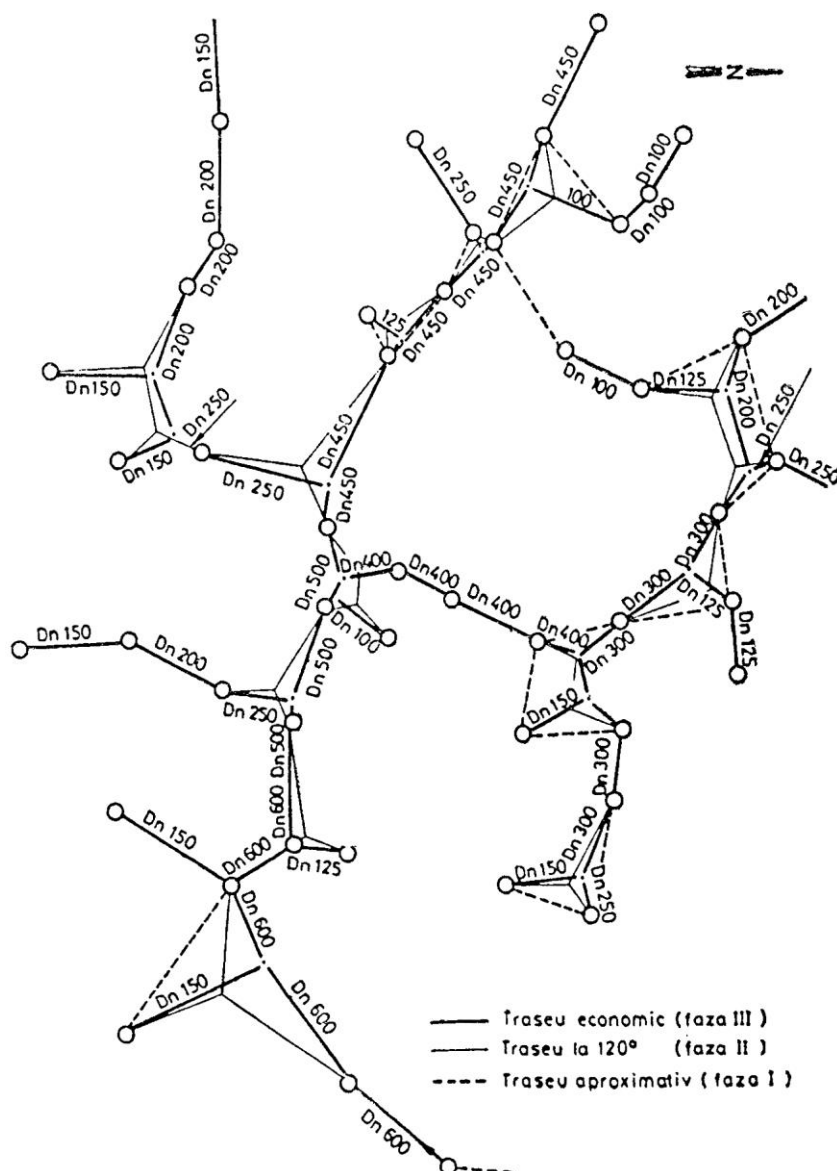
Prezentarea celor patru trasee (faze) reliefează avantajele economice ale adoptării unor soluții optime, atât în privința traseelor cât și a celorlalți parametri (debite și presiuni), respectiv diametre optime.

Ameliorarea metodei Rousset reclamă folosirea calculatorului, pentru care se impune punerea la punct a unor programe de calcul.

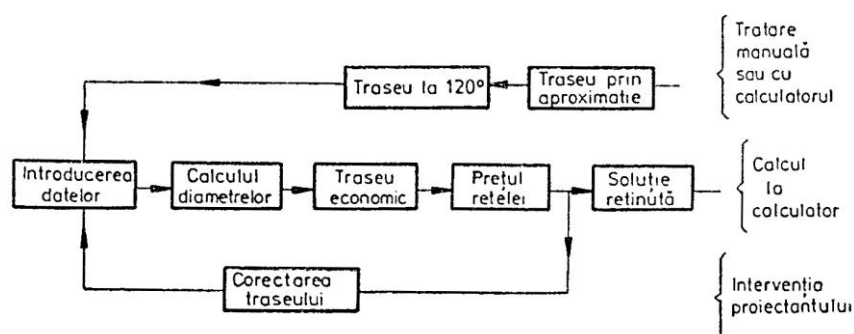
Ordinea de desfășurare a programului pentru calculator poate să fie:

- prima parte a metodei (trasee prin aproximație și la  $120^\circ$ );
- optimizarea diametrelor (prin metoda discontinuă a lui Labye, sau alte metode mai rapide);
- ultima parte a metodei (determinarea punctelor de joncțiune în funcție de costul conductelor).

Proiectantul va face modificările de traseu în conformitate cu rezultatele calculelor bazate pe o complexitate de parametri, cum rezultă și din schema alăturată, în care se indică înlănțuirea diferitelor faze (fig. 1.22).



**Fig. 1.21.** Rețeaua de irigație sub presiune (Vest-Aix, exemplu).



**Fig. 1.22.** Înlănțuirea fazelor în corectarea traseului.

## 2° Calculul rețelelor de distribuție (RD) în tehnica irigației cu funcționare „la cerere”. Aprecieri asupra metodelor de calcul. Evoluția concepțiilor și procedeeelor

*Metodele clasice de calcul.* Rețelele de distribuție de tip ramificat, bucurându-se de extindere maximă în tehnica irigației, vor constitui exemplul de calcul hidraulic la care ne referim.

Se menționează că debitul servind ca bază de calcul a R.D. are ca origine „cerințele” deduse din analiza evapotranspirației, corespunzând unei anumite frecvențe anuale de apariție. Aceasta permite să se determine caracteristicile dozei de udare și debitul nominal al prizei (modulul). Desigur că gradul de libertate (de confort) al beneficiarului crește cu acest debit nominal, după cum crește și cu presiunea disponibilă la prize (borne, hidranți), presiune care s-a mărit progresiv de la 3 at la 4,5-5 atmosfere.

Faptul că „cererea” de apă reprezintă o funcție aleatoare  $Q(t)$ , iar perioada de administrare a udării este o foarte scurtă „perioadă critică” pentru diferitele culturi, constituie suficiente elemente de a marca dificultățile proiectării rețelei de distribuție la „cerere”, care trebuie să includă atât aspectele de ordin tehnic și economic, minimizarea costului ansamblului: Stpp – rezervor – rețea conducte, inclusiv cheltuielile de energie, cât și aspectele agronomice și organizatorice.

Problemele de ordin teoretic și tehnico-economic se grupează în trei părți: determinarea traseelor, determinarea debitelor pe diferite tronsoane, calculul diametrelor și înălțimea manometrică a stației de pompare.

Problemele privind traseele au fost deja analizate anterior, pentru soluția  $S_2$ . Este de remarcat faptul că în soluția  $S_2$  traseul se poate definitiva în metoda Girette, sprijinindu-se pe o proprietate „locală”, permițând minimizarea costului a trei conducte care trebuie să deservească trei puncte, când se cunoaște costul pe metru liniar al fiecăruia din cele trei tronsoane care asigură această deservire. Problema se poate raporta, relativ la legătura celor trei puncte, la aceea pusă prin legătura a două puncte și, prin urmare, se aduce problema cu privire la legătura a  $n$  puncte la aceea a legăturii (joncțiunii) de  $n-1$  puncte. Soluția depinde de ordinul de joncțiune adoptat pentru aceste diferite puncte.

Pentru calculul debitelor se folosesc formule stabilite de inginerii René Clément (Societatea Canal Provence, Franța) Estradiadis (Grecia), De Boissezon și Hait (SOGREAH, Franța) și Bourla (Societatea „Gascogne”, Franța).

Formulele „cererii” (I și II) ale lui R. Clément s-au impus, stând în prezent la baza proiectării (RD) cu funcționare „la cerere” pentru  $N$  prize. În aceste condiții se ține seamă de posibilitățile „de reîntoarcere ale

unui apel” când rețeaua este saturată.

Rezultatul adoptării formulelor Clément este deosebit de important, cu atât mai important cu cât rețeaua este mai mare; nu rare sunt situațiile în care debitul rezultat prin formula Clément să fie, în capătul rețelei, egal numai cu 1/4 din debitul cumulat al prizei. Această concluzie deosebit de importantă nu mai reclamă comentarii în alegerea procedeeului pentru calculul debitului (Labye Y.).

Calculul diametrelor și înălțimea manometrică la Stpp se efectuează în prezent prin „metoda discontinuă”, în toate amenajările din Franța, ca și din majoritatea țărilor ce practică „irigația sub presiune la cerere”.

Până în anul 1963, Compania I.B.M. France utilizează programarea liniară pentru calculul rețelelor de conducte. După această dată, I.B.M. utilizează metoda discontinuă.

Totuși, folosirea metodelor generale de optimizare (programare liniară, programare dinamică) permite și analiza unor aspecte mai deosebite (irigația bivalentă, folosirea transformantelor hidraulice pe rețea). Duratele de calcul pentru diversele metode de stabilire a diametrelor au relativ puțină importanță în cazul actualelor capacități ale calculatoarelor.

În ceea ce privește economiile rezultate din adoptarea acestui procedeu de calcul (metoda discontinuă), se apreciază că reprezintă 6-7% din costul rețelilor, după Y. Labye (autorul procedeeului), și 10-15%, după Clément.

Anterior metodei discontinue (1958), metodele de calcul zise „continue”, având ca bază anularea derivatei costului în raport cu unii parametri, au fost propuse de către Guyon (IGREF), Lechart și chiar Y. Labye. Aceste metode au o utilizare restrânsă; la nivelul notei de comandă sau al fixării programului de lucrări, rezultatele obținute prin aceste metode sunt suficient de precise, iar calculul se execută rapid cu microcalculatoare de birou.

*Studii și cercetări relative la calculul rețelilor.* Cu privire la problema traseelor, s-a reținut că metoda clasică Girette introduce subiectivism în calcul, făcând loc „interpretării” proiectantului, pentru că soluția obținută depinde de ordinul de joncțiuni adoptat pentru diferitele borne de irigație (prize).

Studiile efectuate de către M. Rousset sub aspect teoretic și al mecanizării calculului – folosind algoritmul Kruskall – au permis să se definească o schemă logică de organizare, a ordinului de joncțiune al diferitelor borne. Acest algoritm dă modul de a lega diferitele puncte, astfel încât lungimea traseului să fie minimă. Pe această bază se pot crea puncte fictive care să respecte regula Girette.

În prezent, acest studiu, inclusiv programul de calcul, sunt puse la punct.

Detalii cu exemplu de calcul asupra traseelor prin metoda Rousset sunt prezentate în lucrările autorilor și colaboratorilor – „Irigații și Drenaje”, 1976 și 1981.

*Cu privire la determinarea caracteristicilor rețelei.* Optimizarea alegerii echipamentului și a funcționării stațiilor de pompare ce alimentează o rețea de conducte a condus la necesitatea găsirii domeniului de presiuni necesare la diverse debite, în limita domeniului de lucru, deci la necesitatea stabilirii caracteristicii superioare și inferioare de funcționare a rețelei.

St. Popescu ș.a. (1982) stabilește cele două caracteristici ca înfășurătoare ale punctelor de funcționare  $Q$ ,  $H$  ale rețelei, rezultate în urma alegerii, după o anumită lege, a numărului și poziției consumatorilor.

Cele de mai sus nu diminuează aportul formulelor lui R. Clément, care a reușit să reprezinte aspectul global al calității de funcționare a rețelei.

În ceea ce privește calitatea de deservire a bornei, ea poate fi apreciată după valoarea sarcinii  $Z$  de intrare în bornă. Studiarea variațiilor lui  $Z$  ar putea permite clasificarea unor trepte de calitate a funcționării rețelei.

Privind închiderea și deschiderea bornelor, ca procese de naștere și moarte, Rousseau a realizat, iar Labye și Montgolfier au îmbunătățit un model matematic care permite stabilirea relației dintre  $Z$  și probabilitatea  $P$  (folosită în formula lui Clément). Acest model permite stabilirea zonelor cu funcționare necorespunzătoare, pentru care costul de deservire ar fi mai mic sau care se vor putea modifica.

Pentru acest model, S.C.P. face măsurători în vederea stabilirii corecte a valorii lui  $P$ . Tot pentru acest model se vor studia și rezervoarele intermediare, care au importanță mai ales în cazul nefuncționării rețelei 24 din 24 de ore.

*Cu privire la problema dezvoltării aleatoare în timp a rețelelor.* Deoarece execuția totală, deodată, a sistemului poate fi împiedicată de inexistența cererii de amenajare totală de la început și de greutatea în procurarea investițiilor inițiale, se pune problema dezvoltării rețelei în etape (3-4), astfel încât după perioada  $T$  să ajungă la dezvoltarea maximă.

Studiul se referă la rețeaua de bază, care are la extremități subperimetre pe care le deservește și pentru care se presupun trei moduri de dezvoltare, având probabilitatea fixată: dublarea unui tronson, mărirea presiunii de pompare și o înclădire simplă a rețelei.

Rezolvarea problemei se poate face prin trei metode:

1. Se determină debitul probabil  $Q(t)$  la momentul  $t$  și se determină soluția pentru care cheltuielile (actualizate) sunt minime.

2. Se minimizează aspectul matematic al costului actualizat.

3. Minimizarea speranței matematice cu condiții ca probabilitatea de a se efectua o dezvoltare a rețelei înaintea datei  $t$  să fie foarte mică.

S-au propus două procedee de calcul: unul folosește programarea liniară cu variabile mixte; în celălalt se folosește programarea dinamică.

Pentru primul procedeu, costul calculului este foarte mare. Al doilea procedeu este folosit pentru realizarea unui program, de „Compagnie du Bas-Rhone-Languedoc” împreună cu „Division de calcul du CERAFA de Paris-Antony”, program posibil a fi folosit pe calculatoare de mărime medie.

Și primul procedeu de calcul va putea deveni accesibil (cost), prin dezvoltarea calculatoarelor, a programării.

*Cu privire la lovitura de berbec.* Deși există unele metode de calcul, totuși se continuă cercetările pentru realizarea unor modele de calcul mai realiste și pentru un cost al calculului mai redus.

*Cu privire la măsurarea parametrilor de calcul al rețelei.* Pentru proiectare ar fi important de cunoscut parametri fizici exacti, concreți, pentru a fi evitate simplificările și neglijările în calcul.

*Concluzii asupra direcțiilor de calcul.* În concluzia aspectelor prezentate anterior se rețin pentru proiectarea (calcularea) rețelei de distribuție la „cerere” următoarele procedee și metode:

- a) metoda Rousset, pentru stabilirea traseelor optim economice, în soluția  $S_2$ ;

- b) metoda Clément (formulele I și II ale „cererii”), pentru stabilirea debitelor;

- c) metoda Labye („discontinuu”) și metoda continuă pentru calcularea diametrelor.

Rețeaua de distribuție proiectată în soluția concluziilor anterioare (a, b, c) trebuie să asigure: costuri minime, siguranță și comoditate în exploatare, asigurarea cu apă „la cerere” a tuturor folosințelor afectate rețelei respective.

## 1.2.2. DISPOZITIVE ȘI ECHIPAMENTE DE PRELEVAREA APEI DIN REȚEAUA DE DISTRIBUȚIE, DE CONTROL ȘI PROTECȚIE

### 1° Dispozitive pentru prelevarea apei din rețeaua de distribuție – hidranți și borne de irigație

Într-o rețea de distribuție, prizele de apă (PA) ocupă o poziție centrală ca importanță, asigurând caracteristicile tehnice ale udării: debitul, presiunea, tehnica de udare și regimul de exploatare.

În tehnica irigației se pot diferenția două soluții de rezolvare a problemei:



– *Soluția I* ( $S_1$ ) în condițiile agriculturii cu suprafețe mari irigate, fără delimitări parcelare impuse de diferiți deținători, pe terenuri cu relief relativ plan, cu o sistematizare riguroasă a folosințelor (cu sectoare și parcele uniforme), rețeaua de conducte poate avea o repartizare uniformă (de tip rectangular). În aceste condiții este important să se determine lungimile optime ale fiecărui tip (ordin de mărime) de conductă (PA), în această soluție, vor avea de asemenea o repartizare uniformă pe teren și vor rezulta ca o construcție a rețelei de conducte.

În *soluția I*, (PA) numite *vanele hidrant*, se amplasează în lungul antenelor, la distanțe  $d_h$  egale, determinate de caracteristicile echipamentului de aspersiune (aripi aspersiune):  $d_h = n \cdot d_1$ ,  $n$  fiind numărul de poziții udate dintr-un hidrant, iar  $d_1$  – distanța dintre două poziții consecutive ale aripii. În prezent, distanța uzuală dintre hidranți  $d_h = 72$  m.

În cazul irigației prin scurgere la suprafață, vanele hidrant se înlocuiesc cu vane plate („gură de apă”), amplasate la 200-300 m, în funcție de schema de udare aplicată.

După poziția față de antenă, vana hidrant poate fi (fig. 1.23): axială (amplasată pe axul antenei – a), laterală (amplasată lateral față de antenă, cum este cazul la vii, sau atunci când antena este paralelă cu un drum de exploatare, iar udarea se face pe ambele părți ale drumului – b) și de capăt (când este ultima vană hidrant, de la capătul aval al antenei – c).

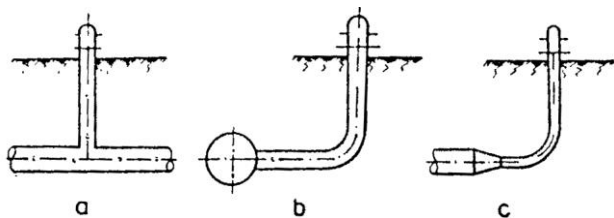


Fig. 1.23. Vană hidrant: a – axială; b – laterală; c – de capăt.

– *Soluția II* ( $S_2$ ) în condițiile unei sistematizări mai puțin riguroase, al unor perimetre cu folosințe, foarte diverse (un complex de asolamente, industrii prelucrătoare agroalimentare sau de alt gen ș.a.) sau dacă există un relief neregulat (zone de dealuri, coline etc.) este necesar să se privească rețeaua de conducte ca având rol de legătură între prizele de apă și atunci se amplasează mai întâi PA, apoi conductele, amplasarea urmărind traseul optim economic. Un rol de seamă având în  $S_2$  variația mare de presiuni și debite la consumator, prizele de apă sunt diferite de  $S_1$ .

În *soluția II*, când amplasarea PA este prioritară, se adoptă „hidranți” cu mai multe prize și cu regulator de presiune comun, de tipul bornelor de irigație tip „Aster” (fig. 1.21, sau „Compagnie des Compteurs”, „Durenne et Val d’Osne”). Acestea deservesc con-

mitent mai multe parcele (1-4) sau folosințe agroalimentare, industriale, igienico-sanitare etc. Numărul de prize (ieșiri) corespunde numărului de folosințe deservite concomitent. Fiecare bornă și fiecare priză (ieșire) este echipată ca să asigure:

1. Trecerea, oprirea sau reglarea debitului cu un limitator de debit (70, 80, 100 și 150 mm), care intervine când debitul „cerut” depășește valoarea limită (poate fi un „modul”, debit manevrabil, de 15 – maxim 30 l/s).

2. Reglarea presiunilor: printr-un regulator comun tuturor ieșirilor se asigură menținerea presiunii în limitele fixate, aproximativ 40 mCA (presiunea este în general de 30-40 mCA, dar poate atinge în rețelele de „întărită presiune” și 100 mCA). În unele variante, aceste regulatoare de presiune se pot amplasa separat de borne, imediat amonte de fiecare aparat (bornă), asigurând astfel la toate prizele bornei presiunea de serviciu egală.

3. Asigurarea contorizării (volum) apei livrate (cu o eroare sub 5%); pe fiecare ieșire este montat un contor zis „de viteză”.

4. Preluarea suprapresiunilor accidentale.

5. Protecția contra înghețului.

În afara bornelor de irigație cu 2; 3 sau 4 prize de debit redus (maxim 30 l/s), există bornele de irigație ce deservesc suprafețe mari conducte principale, conducte de serviciu-antene, cu o singură priză (ieșire), cu diametrul de 100 sau 150 mm.

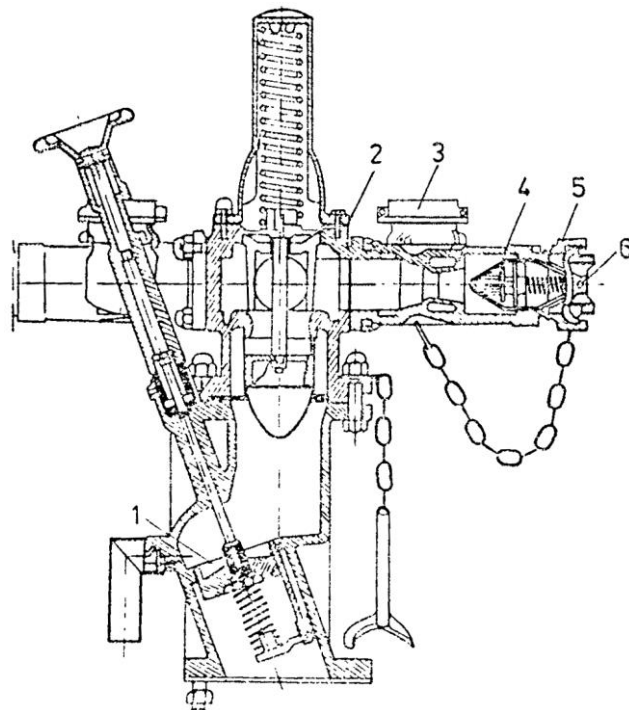


Fig. 1.24. Borna de irigație tip Aster, cu regulator de presiune comun: 1 – vană comună; 2 – regulator de presiune; 3 – contor  $D_n = 60$  mm; 4 – regulator de debit; 5 – racord tip Guillemin  $D_n = 65$  mm; 6 – priză (gură de apă) cu dop.

Raza de acțiune a unei borne de irigație tip „Astei” variază de la 150 la 300 m, pentru evitarea pierderilor de sarcină prea mari în echipamentul mobil de irigație și a cheltuielilor de exploatare prea ridicate.

Poziția (amplasarea) fiecărei borne de irigație este condiționată de repartitia și mărimea parcelor deservite. Interesul economic (investiții mai mici) cere limitarea numărului de PA (borne de irigație), iar cel legat de o exploatare comodă pentru beneficiar necesită un număr mai mare de PA; rezultă că poziția fiecărei borne de irigație este rezultatul unei analize tehnico-economice între cele două interese.

În Franța se adoptă o densitate medie de o bornă pe 3-7 ha irigabile.

## 2° Echipamente de control și de protecție pe conducte

Aceste echipamente au rolul:

- de a controla admisia apei în conducte și golirea lor, fie că este provocată, fie că este accidentală; acestea sunt vane de separare (închidere), de golire și de supravitează (de avarie);

- de a proteja rețeaua contra presiunilor excesive, statice sau dinamice, contra depresiunilor accidentale sau contra pungilor de aer; acestea sunt reglatoarele de presiune, supapele de descărcare, ventuzele și clapetele de admisie a aerului;

- de a permite prelevarea apei la extremitățile ramificațiilor rețelei; acestea sunt bornele și hidranții de irigație (v. fig. 1.24).

*Vanele de separare* (închidere-deschidere). Acestea trebuie să asigure izolarea oricărei părți a rețelei de conducte pentru cerințele exploatarei, întreținerii și reparării. Fiind scumpe și reclamând construcții gen „cămine”, amplasarea lor trebuie făcută cu discernământ. Pe conductele mari de aducțiune se amplasează de la 3 la 5 km, de asemenea, de o parte și alta a traversărilor importante (căi de comunicație, cursuri de apă), la începutul ramificațiilor al căror diametru este de minimum 300-400 mm (conducte principale, antene), în punctele joase și la extremitatea ramificațiilor, pentru a asigura golirea rețelei.

În tehnica noastră, instalațiile de golire se amplasează în două soluții.

Detalii constructiv-funcționale asupra căminelor cu vane de închidere-golire se dau în fig. 1.25.

Căminele de vane se amplasează, cum s-a precizat, pe conductele de aducțiune și principale, în puncte impuse (început, sfârșit, traversări etc.) – vane de capăt, ca și pe traseu – vane de linie, la distanțe variabile, pentru a putea separa convenabil tronsoanele de conducte pentru reparații ș.a.

Tipurile de vane folosite depind de mărimea conductei și presiunea în rețea. În cazul rețelelor cu

presiune mare (pentru aspersiune) se folosesc vane cu sertar și corp oval.

În cazul conductelor cu presiune joasă (pentru scurgerea la suprafață) se utilizează vane cu sertar și corp plan.

Vanele de linie se pot monta în două soluții, după importanța rețelei, în cămine de proiecție din beton și în pământ cu tije prelungitoare protejată (pentru conducte cu  $D_n < 350$  mm).

Pentru conductele de diametre mari (peste 500 mm) se folosesc curent vane fluture (fig. 1.26), fiind ușor și simplu de manevrat.

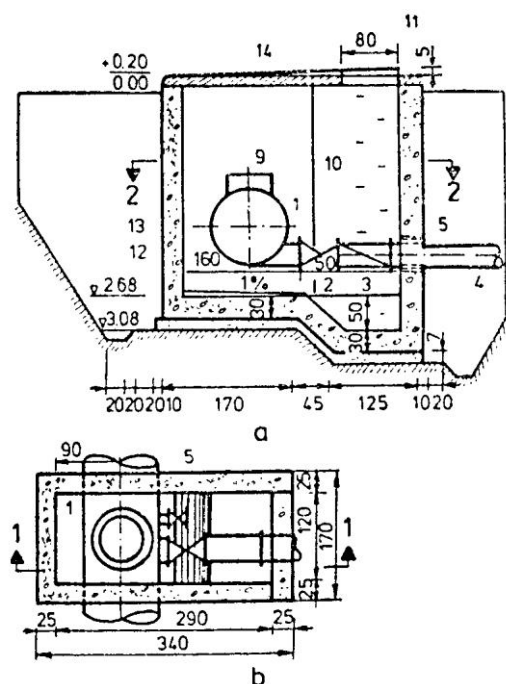


Fig. 1.25. Cămin cu vană de golire pe o conductă cu  $D = 1000$  mm: a – secțiune 1-1; b – secțiune 2-2.

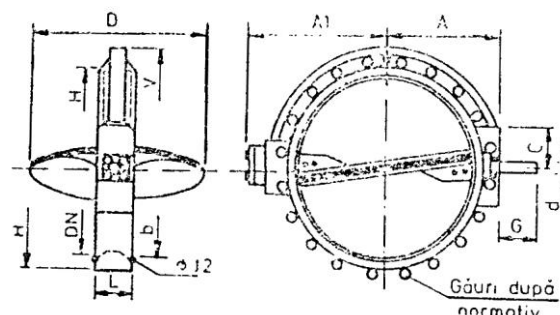


Fig. 1.26. Vană fluture Hermédisc.

Vanele Hermédisc se livrează cu comandă manuală, electrică, hidraulică sau pneumatică. Organul de comandă se montează în cămin de protecție, pe partea dreaptă sau stângă a conductei.

Vanele zise cu „supravitează”. Aceste vane au rolul de a evita, în cazul ruperii unei conducte mari, golirea rețelei (parțial sau total) și deci, evitarea pagubelor sau a pompărilor inutile.

Aceste vane se amplasează în principiu în capul conductelor celor mai importante și pe tronsoanele lor coborâtoare; fiind costisitoare, amplasarea acestor vane se face cu mult discernământ.

Se pot folosi diverse tipuri de vane sau obturatoare cu închidere automată: de concepție mecanică (cu paletă și contragreutate), hidraulică (cu manometru diferențial, relee și servomotor) sau chiar electromagnetică.

Dispozitivele de declanșare ale acestor vane sunt tarate pentru un debit ce depășește cu 20% debitul maxim.

### 3° Echipament de protecție a rețelei contra presiunilor excesive, depresiunilor și pungilor de aer

Protejarea conductelor contra presiunilor excesive, statice sau dinamice (fig. 1.27), contra depresiunilor accidentale sau contra pungilor de aer se realizează prin stabilizatoarele (regulatoare) de presiune, supapele de descărcare, ventuzele și clapetele de admisie a aerului.

Asigurarea funcționării corecte a rețelei sub presiune impune controlul automat al evacuării sau admisiei aerului.

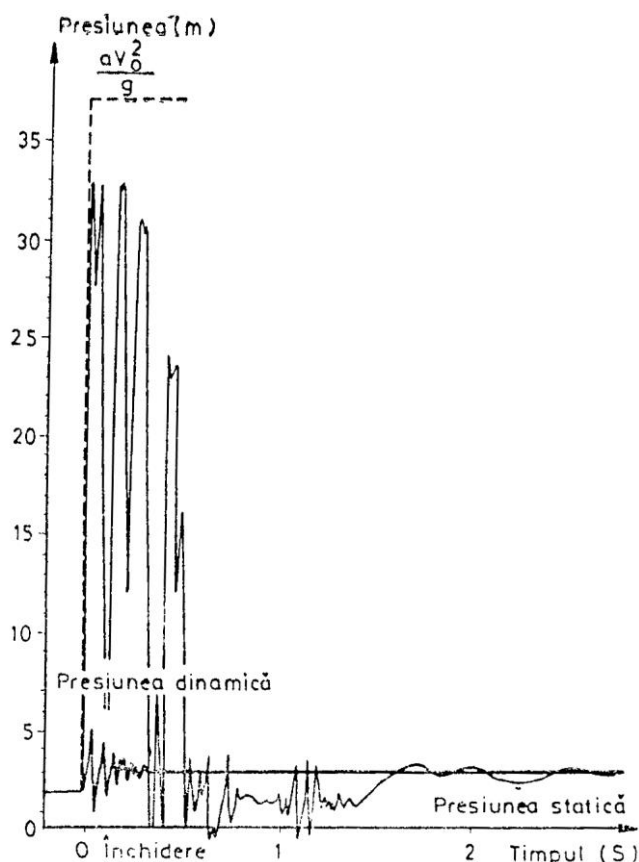


Fig. 1.27. Înregistrarea presiunii de către oscilograf catodic la închiderea bruscă a unui clapet în extremitatea conductei, cu și fără supapă de descărcare.

Prezența pungilor de aer acumulat în punctele înalte, la o umplere sau exploatare normală, reducând secțiunea de scurgere a apei, provoacă pierderi de sarcină anormale, creând în anumite cazuri chiar obstrucții și generează în conducte o saltea elastică de oscilații de debit și de presiuni, ce pot aduce prejudicii. Evacuarea pungilor de aer trebuie efectuată fără a se provoca lovituri de berbec.

În cazul golirii, unele puncte ale conductei sunt sediul depresiunilor care compromit stabilitatea îmbinărilor și produc neregularități în scurgerea apei. Acestea trebuie evitate, prin punerea în legătură cu atmosfera.

În consecință, în funcție de circumstanțe, se poate ivi necesitatea fie a eliminării aerului conținut în conductă, fie din contră, a introducerii aerului.

Această dublă funcțiune se asigură – contrar unor soluții clasice – prin două tipuri de aparate, de exemplu: dispozitiv de descărcare a aerului (purjor sonic) și dispozitiv de admisie a aerului (clapet de întoarcere a aerului). Acestea se instalează în punctele înalte ale conductelor, dar după cazuri, de o parte și de alta a vanelor de închidere (de secționare, a curentului), în amonte lor pe tronsoane urcătoare și în avalul lor pe tronsoane coborâtoare.

De asemenea, se pun în punctele unde racordul unui tronson coborât cu pantă mică (de ordinul a 1 cm/m) cu un tronson de pantă mare poate să provoace staționarea și acumularea nedorită a pungilor de aer (fig. 1.28).

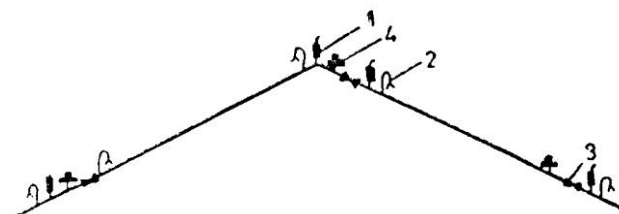


Fig. 1.28. Poziția relativă a diverselor echipamente: 1 – dispozitiv de descărcare a aerului (purjor sonic); 2 – clapet de intrare a aerului; 3 – vase de oprire-secționare a curentului de apă (eventual urmate de un clapet contra cavitației); 4 – supapă de descărcare.

Clapetele se folosesc, de asemenea, pentru aeraarea avalului vanelor susceptibile de cavitație. În cazuri avantajoase, cele două dispozitive de „descărcare” și de „admisie” a aerului pot fi centralizate într-un aparat complex „Purjor sonic și clapete de intrare a aerului”, care se instalează în punctele înalte ale conductei.

Funcționarea corectă (ireproșabilă) a echipamentelor punctelor înalte este un factor hotărâtor de securitate pentru rețelele de aducțiune.

Rețelele de irigație, spre deosebire de cele de alimentare cu apă, introducând elemente noi și dificile de exploatat: debite și presiuni mari cu fluctuații im-

portante în timp, apă cu grade mari și variabile de turbiditate și granulometrie, impun realizarea unor ansambluri de protecție caracterizate prin: o mare simplitate mecanică, adaptate particularităților de relief și funcționale și cu realizarea unor economii importante în exploatare. Tipul de reglaj prin aval cu dispozitive adaptate acestui mod de funcționare pune în evidență superioritatea soluției, umplerea rețelei făcându-se o singură dată, la prima punere în funcțiune.

Suprapresiunile care se produc în RD pot periclita funcționarea acestora, dacă nu sunt luate în considerație la proiectare.

După origine se diferențiază:

1) loviturile de berbec, datorate funcționării stațiilor de pompare;

2) suprapresiunile din rețeaua propriu-zisă, care se produc la: a) închiderea și deschiderea hidranților; b) închiderea dispozitivelor de comandă a rețelei (vane, regulate de presiune ș.a.); c) funcționarea vanelor de golire; d) evacuarea aerului la punctul cel mai înalt al rețelei.

Cele mai periculoase suprapresiuni sunt grupate în 1) și 2, d (pentru care se montează pe RD dispozitive corespunzătoare (regulate antișoc, respectiv ventuze și clapete). Pentru conductele de diametre mari, a căror spargere poate fi periculoasă, protecția este obligatorie.

Suprapresiunile din categoriile 2, a), 2, b), 2, c) pot fi prevăzute, în prezent existând programe de calcul (la calculator) care permit să se determine aspectul suprapresiunilor într-o rețea de irigație și se poate asigura montarea cea mai corectă a dispozitivelor de protecție. Acestea sunt în general de tipul supapelor etalonate.

Un alt aspect al problemei protejării RD contra suprapresiunilor este și cel economic. Din analizele existente rezultă că echiparea rețelei cu dispozitive de protecție contra loviturilor de berbec implică un cost destul de redus, de aproximativ 1% din costul rețelei. Uneori însă unii proiectanți, în „exces” de economie, comit greșeala de a lăsa pe seama calității materialelor conductelor preluarea „eventualelor” suprapresiuni.

O generalizare a acestui tip de soluționare este periculoasă, cu atât mai mult cu cât proiectantul viitorului va căuta să valorifice la maximum calitățile materialelor și în acest caz, neprotejarea rețelei poate conduce la daune ce angajează cheltuieli cu mult superioare celor inițiale (putând chiar depăși o sumă de zeci de ori mai mare decât cea inițială).

*Regulate de presiune.* Se adoptă în rețelele puternic denivelate, unde presiunea în anumite puncte poate să depășească limita admisibilă a conductei, atât în regim static cât și dinamic. Se pot folosi diverse tipuri de regulate de presiune: în aval, cu piston sau membrană care creează o pierdere de sarcină variabilă

după regim, astfel ca presiunea în aval de aparat (regulator) să fie convenabil reglată, cu tot dezavantajul ce decurge din reducerea presiunii.

Funcționarea acestor aparate întâmpină unele dificultăți (accidente), din cauza impurităților din apă, la debite mici sau la debit nul, când se închid. Montarea de site în fața lor și de supape de siguranță în aval aduce unele ameliorări.

Regulatele de presiune în amonte, de concepție simetrică, permit de a menține o presiune necesară în capul unui bransament prin descărcarea unui debit excedentar spre un rezervor. Mai există, de asemenea, aparate de concepție asemănătoare, reglate pentru a reduce presiunea într-un punct, într-un raport determinat.

Protecția unei rețele de conducte contra loviturilor de berbec nu se poate totuși asigura comod și economic în orice punct din rețea prin cămine de echilibru sau rezervoare de aer, care implică lucrări importante de construcții sau surse de energie.

Regulatele de presiune adoptate curent în tehnica irigației cu conducte sub presiune sunt de tipul supapelor antișoc (supape de descărcare), plasate în derivație, capabile să se deschidă imediat sub efectul unei unde de presiune pozitivă. În cazul depresiunilor, aceste supape sunt fără efect.

Aceste echipamente fiind prezentate cu detalii în lucrările de specialitate – exemplu: Proiect I.S.P.I.F. nr. 4270R/1987, sau tratate (ex. „Sisteme de Irigații și Drenaje”, V. Blidaru, 1976) nu se mai prezintă.

Instalarea supapelor antișoc se face cu mare atenție:

– aparatele se livrează la presiunea  $h_f$  indicată la comandă;

– pentru asigurarea unei funcționări și exploatare corecte și ușoare, aparatul se instalează într-un cămin care cuprinde (fig. 1.29) vana de gardă, colectorul de evacuare a apei descărcate; pentru montaj și întreținere se asigură acces ușor împrejurul supapei.

*Dispozitivele de dezaerisire.* Acestea au rolul de a evacua aerul din conducte în timpul umplerii lor și de a reduce pungile de aer care se creează în punctele înalte în regim stabilizat.

Dispozitivele adoptate pentru dezaerisire (ventuze sau purjoare sonice) au ca organ principal un orificiu calibrat, care este obturat în mod automat la sfârșitul descărcării.

În tehnica rețelilor sub presiune sunt întrebuintate mai multe tipuri, diferind prin posibilitățile și numărul de funcțiuni:

– Ventuzele ordinare, având ca element de închidere o simplă bilă sferică, prezintă defectul de a nu asigura decât o descărcare cu debit mic, precum și timpi lungi pentru prima umplere.

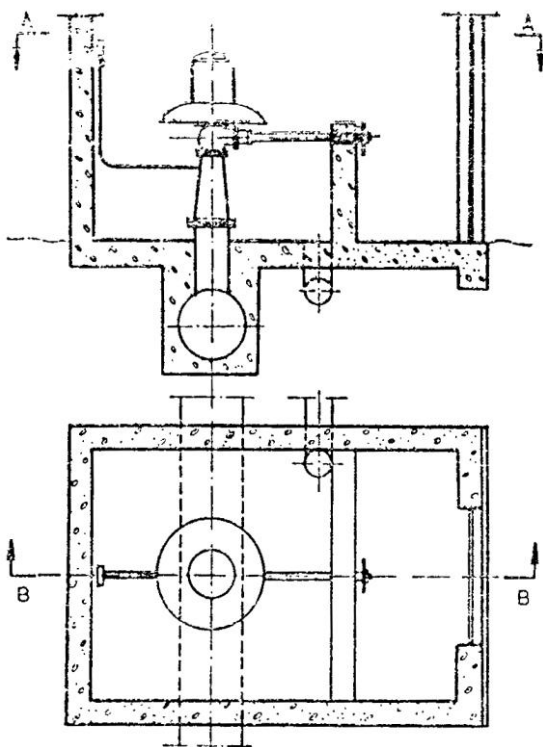


Fig. 1.29. Exemplu de instalare a unei supape de descărcare.

– Ventuzele cu dublă sferă (exemplu tip Glenfield ADVO), asigură deaerisirea, eliminând totodată și defectele aparatelor precedente. Prima sferă, asociată cu un orificiu mare, asigură evacuarea aerului cu debit mare în timpul umplerii, cedând apoi locul celei de a doua sfere, care va asigura eliminarea totală a aerului printr-un orificiu mai mic. Pentru completarea dublei acțiuni („descărcare aer”, „intrare aer”) i s-a adăugat dispozitivului de descărcare o supapă de intrare a aerului independentă, care se poate dimensiona în funcție de pantele maxime ale profilului longitudinal al conductei, de o parte și de alta a aparatului.

Acest aparat complex cu dublu rol („robinet de descărcare a aerului” și „clapet de intrare a aerului”) este realizat de către Departamentul fluidelor – Neyrpic, fiind denumit „purjor sonic și clapet de intrare a aerului” (fig. 1.30).

În țara noastră s-au realizat dispozitive de aerisire și de deaerisire tip DAD 6 și DAD 3 (I.M.A.I.A. Năvodari N.T.R. 139/83).

Proiectul departamental nr. 4270R/1987 (pag. 26) cuprinde caracteristicile și reperi necesari (conf. STAS) (vezi „Irigații și Drenaje”, colectiv – V. Blidaru, Gh. Pricop, A. Wehry, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981, cap. 15).

În figura 1.31 sunt centralizate diverse soluții de branșare a purjorului sonic și a clapetului.

Tipul de asociație 7 este o instalație mai economică, însă nu prezintă avantajul amplasării clapetului în 5 sau 6.

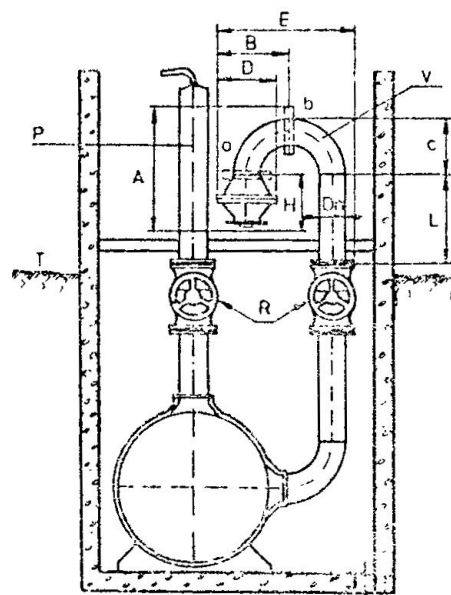


Fig. 1.30. Amplasarea clapetului de intrare a aerului în conductă combinat cu purjorul sonic: P – purjor sonic; V – clapet de intrare a aerului; R – robinete-vană sigilate deschise; T – teren.

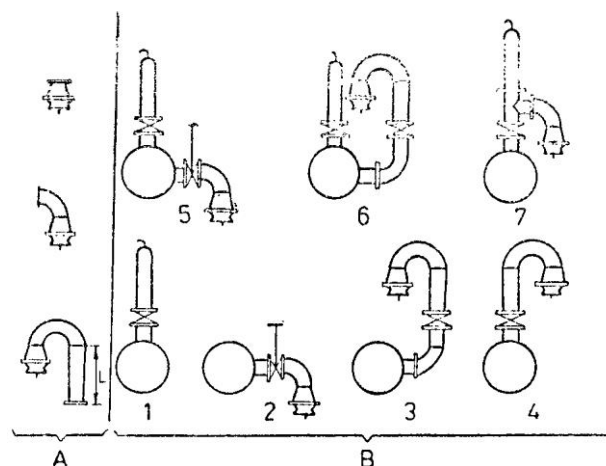


Fig. 1.31. Diferite soluții de montare a clapetului și purjorului sonic: A – diferite realizări de clapet (cu flanșe, cu cot și flanșe, cu gât lebădă de lungime  $L$  și flanșe); B – soluții de montare a clapetului și purjorului; 1 – purjor izolat; 2, 3, 4 – clapet izolat; 5, 6, 7 – clapet + purjor asociate.

### 1.2.3. INSTALAȚII DE ASPERSIUNE CU PARAMETRII RIDICAȚI ȘI INDEPENDENȚĂ ÎN EXPLOATARE

Calitățile pe care trebuie să le întrunească asemenea instalații și echipamente sunt:

- reducerea la minim a forței de muncă, funcționând prin autodeplasare;
- folosirea unei ape cu conținut ridicat de turbiditate, inclusiv ape uzate;
- randament ridicat în irigare;

– siguranță în exploatare, cu funcționare fără supraveghere;

– deplasarea printre rândurile de culturi să se facă fără a se produce pagube;

– poate fi folosit și în scop de evacuarea apei, din rețelele de desecare.

În tehnică există numeroase tipuri de instalații ce înscriu aceste caracteristici, instalațiile în soluție anru-rol situându-se pe primele locuri.

Prezentarea în continuare a unor instalații anru-rol are rolul de a reține prin exemplificări caracteristicile tehnice și funcționale ale acestora, ca și condițiile de aplicare.

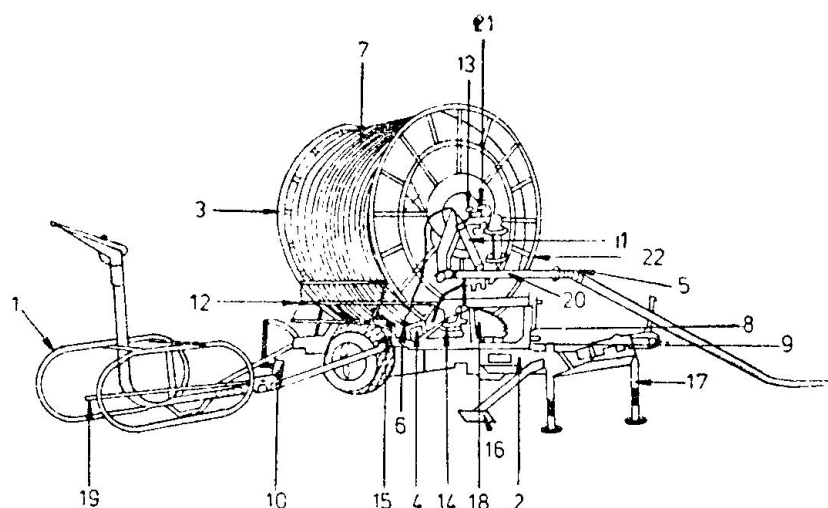
### Instalația de aspersiune automatizată Rollomat-Perrot

#### a) Necesitatea și structura instalației Rollomat

Condițiile de rentabilitate, pe de o parte, și lipsa de forță de muncă pentru mutarea echipamentelor de aspersiune, pe de altă parte, au impus dezvoltarea unei tehnici noi în udarea terenurilor.

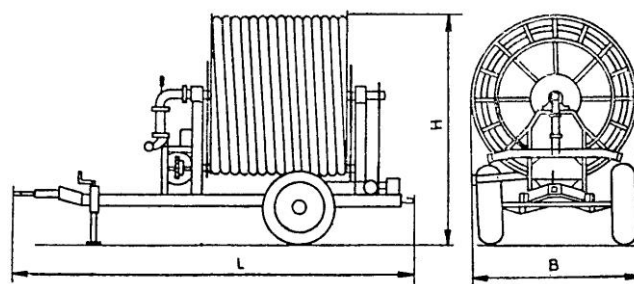
La aceste atribute se mai adaugă și posibilitatea distribuției unei ape cu grade diferite de turbiditate, începând de la apă fără impurități și până la apa cu aluviuni și chiar apă reziduală.

Firma Perrot, ținând seamă de aceste cerințe, a realizat instalația de aspersiune automată „Rollomat” (fig. 1.32 și tab. 1.6).



**Fig. 1.32.** Instalația Rollomat-Perrot: 1 – sanie; 2 – șasiu; 3 – toba de rulare a furtunului; 4 – transmisia hidraulică; 5 – cuplajul elastic; 6 – acționarea apei (și la aspersor și la motorul hidraulic); 7 – conducta (furtunul); 8 – priza de putere; 9 – instalația de frânare și iluminat; 10 – placa pentru oprire automată a rotirii tobei; 11 – filtru rapid de cuplare; 12 – pârghia cu acționare în dublu sens pentru decuplarea motorului; 13 – ventil de reglaj; 14 – ventil pentru decuplarea furtunului; 15 – inel (buclă) pentru conducerea (ghidarea furtunului); 16 – profile de rezemare; 17 – tălpi de rezemare telescopice; 18 – mecanism de transmisie cu clinchet; 19 – etrier pentru tracțiune; 20 – conductă pentru racordarea cu furtunul; 21 – zăvor pentru comanda manuală a motorului hidraulic (poate opri antrenarea furtunului); 22 – sistemul de frânare a pompei.

Tipul	Lungime (L)	Lățime (B)	Înălțime (H)
110 / 270	90 / 320	75 / 370	5.95
75 / 270	63 / 320		2.45
			2.20
			2.70



**Fig. 1.33.** Dimensiunile tipurilor de instalații Rollomat.

Instalația are o siguranță perfectă în exploatare, prin cadrul de bază cu un ecartament lat (fig. 1.33) și reglabil, prin motorul hidraulic prevăzut cu o transmisie bună, prin toba alunecătoare, care împreună cu sania aspersorului asigură o deplasare lineară cu precizie între rândurile de culturi (cartofi, sfeclă, porumb, cereale, legume etc.), fără a se produce pagube.

Pentru exploatarea instalației este suficient un singur om și un mijloc de transport – de remorcare. Punerea în funcțiune, supravegherea modului de funcționare, schimbarea poziției, unele mici reglaje și remorcarea se fac de același om.

Fiind o instalație robustă, cu aspersoare (tip Perrot) de capacitate și presiune mare, poate funcționa cu apă reziduală și chiar încărcată cu articole în suspensie. Instalația poate fi folosită și în scop de desecare.

Toba de rulare a conductei elastice (furtunul) fiind alunecătoare (fig. 1.34), asigură printr-un ingenios mecanism precizia traseului de alunecare, rularea riguroasă a conductei, spirală cu spirală, fără a crea inter-spății, astfel că se realizează o protecție bună a culturilor ca și a conductei (furtunul).

Fiecare rotire a tobei este comandată printr-un dispozitiv (supapă) de la motorul hidraulic (necoroziv-inoxidabil), prin intermediul unui mecanism cu clichet și un lanț articulat; acestea asigură și mișcarea de răsucire.

Legătura între sursa de apă (hidrant, bornă, conductă) și instalația de aspersiune Rollomat se face printr-un cuplaj rapid elastic.

De la sursa de apă, prin conducta flexibilă (furtunul) rulată pe toba, se cuplează și aspersorul Perrot și prin aceasta se acționează și motorul hidraulic, care acționează și rotirea tobei – cu turație reglabilă.

**Tabelul 1.6.** Caracteristicile funcționale și constructive ale diverselor tipuri de instalații Rollomat-Perrot

ROOLLOMAT tipul			110/270						90/320						75/370						75/270						63/32						
Lungimea furtunului din PE dur AID 10 din 8074 (m)			270						320						370						270						320						
Diametru și grosimea peretelui (mm)			110 x 10						90 x 8,2						75 x 6,8						75 x 6,8						63 x 5,7						
Lungimea de lucru maximă (m) (lungimea furtunului + 75 % din raza de acțiune a aspersorului)			310						355						400						300						350						
Tipul de aspersor			ZO30W						ZN30W						ZN30W						ZN30W						ZL22W				ZN30W		
Duza Ø (mm)			26	27	28	29	30	31	32	16	17	18	19	20	21	2	14	15	16	17	18	15	16	17	18	19	20	10x5,5	11x5,5	12,5x5,5	13,5x5,5	14	15
Presiunea duzei (atm)			5	5	5,5	5,5	6	6	6	5	5	5,5	5,5	6	6	6	4,5	5	5	5,5	6	5	5	5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6
Debitul de apă distribuit (m³/h)			57	62	70	75	83	89	95	22	25	29	32	37	41	45	16	19	22	26	30	19	22	25	29	32	36	11	14	17	20	17	20
Raza de acțiune (m)			45	46	47	48	49	50	51	37	38	40	41	43	44	45	33	36	37	39	41	36	37	38	40	41	42	26	28	30	31	35	37
Pierderile de presiune în instalația Rollomat (atm)			1,5	1,7	2,2	2,5	3,2	3,5	4	0,8	1	1,3	1,5	2	2,5	3,5	1,5	2	2,5	3,5	4	1,4	1,8	2,3	3	3,6	4,5	1,5	2,2	3	4	3	4
Presiunea de regim în Rollomat (atm)			6,5	6,7	7,7	8	9,2	9,5	10	5,8	6	6,8	7	8	8,5	9,5	6	7	7,5	9	10	6,4	6,8	7,3	8,5	9,1	10	6,5	7,7	9	10	8,5	10
Lățimea de udare utilizabilă în m la 85 % din cercul udat			76	78	80	82	83	85	87	63	65	68	70	73	75	77	56	61	63	67	70	61	63	65	68	70	72	44	48	51	53	60	63
Suprafața udată maximă într-o montare (ha)			2,31	2,37	2,44	2,51	2,55	2,61	2,70	2,19	2,26	2,38	2,45	2,57	2,65	2,72	2,21	2,42	2,50	2,67	2,80	1,81	1,87	1,94	2,04	2,10	2,17	1,49	1,64	1,75	1,82	2,08	2,19
Intensitatea de udare pentru o montare (mm)	Durata de udare	4 h																			4	5	5	6	6	7							
		6 h	22	24	26																6	7	8	9	9	10	4	5	6	7	5	5	
		9 h				27	29	31	32													9	10	12	13	14	15	7	8	9	10	7	8
		12 h	30	31	34	36	39	31	42	12	13	15	16	17	18	20	9	9	10	12	13	13	14	15	17	18	20	9	10	12	13	10	11
		15 h	37	39	43	45	49	45	53	15	16	18	20	21	23	25	11	12	13	15	16	16	18	19	21	23	25	11	13	14	16	12	14
		18 h	44	47	52	54	58	61		18	20	22	24	26	28	30	13	14	16	18	19							13	15	17	20	15	16
		21 h	52	55	60	63	68			21	23	25	27	30	32	35	15	16	18	20	22												
24 h	60	63	68					24	26	29	31	34	37	40	17	19	21	23	26														
Intensitatea (mm/h)			17						10						9						9						10				8		



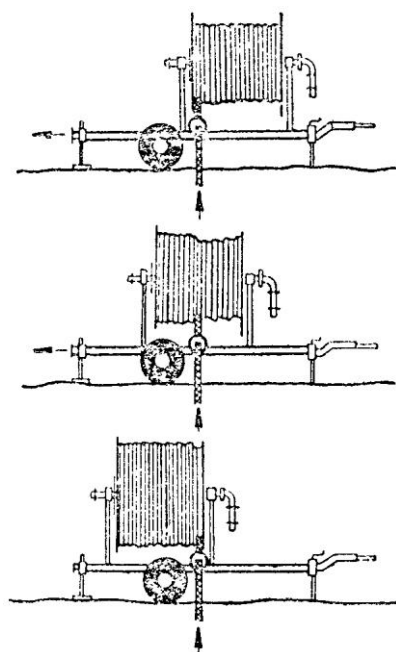


Fig. 1.34. Alunecarea tobei de rulare.

Conducta flexibilă (furtunul) este din material plastic (polietilenă – PE dur ND<sub>10</sub>, cu proprietăți corespunzătoare acestei instalații și totodată o durabilitate mare), cu lungimi de 270 m (la  $\varnothing = 110$  mm) de 320 m (la  $\varnothing = 90$  mm) și 370 m (la  $\varnothing = 75$  mm).

Aceste variante de lungimi permit o acomodare ușoară la diferențele de distanță între hidrant și Rollomat.

Sașul are dimensiuni corespunzătoare pentru a fi rigid la răsucire și pentru a asigura o rezemare sigură a instalației, prin puternicele brațe.

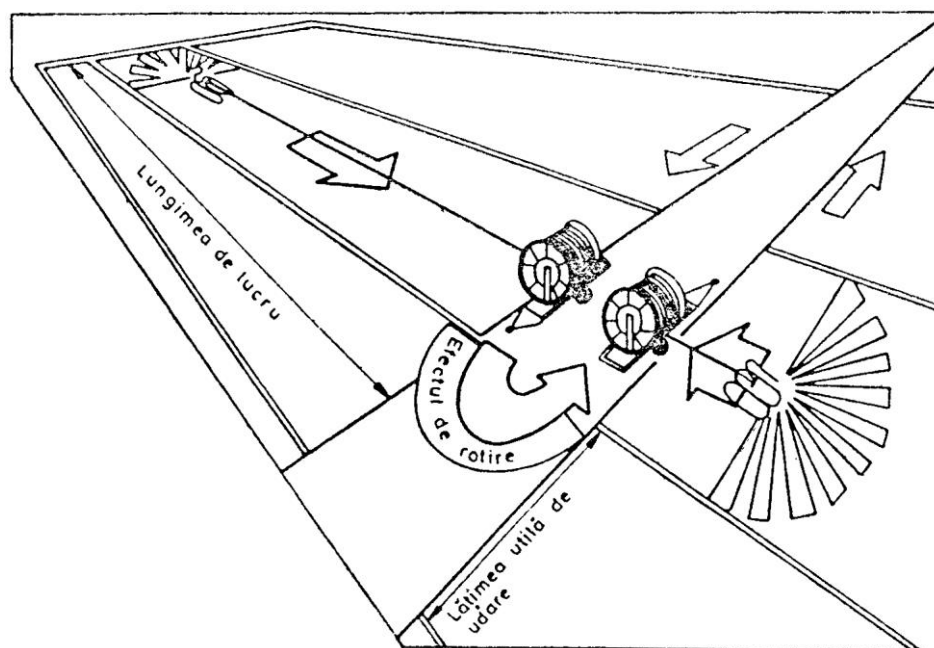


Fig. 1.35. Poziția de lucru a instalației Rollomat, cu direcția de înaintare a saniei de sprijin cu aspersorul.

Sania de sprijin și târâre, împreună cu aspersorul formează o unitate. Cu ajutorul mașinii de remorcat, furtunul este adus și cuplat de sania de sprijin, care se va plasa în zona parcelei ce urmează a fi udată (fig. 1.35).

Patinele saniei sunt puternic dimensionate, sigure și reglabile în lățime, pentru înscrierea printre rândurile de plante.

Raza de acțiune și pluviometria ploii se pot modifica în funcție de tipul de aspersor care este schimbabil. Se asigură astfel o udare optimă, cu siguranță totală în exploatare.

b) *Punerea în funcțiune a instalației Rollomat și parametrii acesteia*

Instalația se pune în funcțiune automat imediat ce apa este introdusă sub presiune.

Din debitul principal de apă este derivat un debit mic, care trece printr-un cuplaj cu filtru și apoi acționează motorul hidraulic. Acest motor puternic acționează mecanismul de transmisie, prin intermediul unei roți cu clichet și care la rândul ei transmite mișcarea unui lanț articulat ce antrenează toba rotativă (alunecătoare).

Datorită filtrului care reține toate impuritățile din apă, instalația poate fi utilizată și în cazul apei reziduale.

Debitul derivat (apa de lucru), care traversează prin motorul hidraulic și-l antrenează, este apoi utilizată în instalația de udare.

Aspersorul preia apa și o distribuie uniform în sector de cerc, cu înaintare prin retragere, de la poziția limită a furtunului, spre toba instalației.

Distribuția făcându-se în sector de cerc, sania înaintează (prin retragere) pe teren uscat (v. fig. 1.35).

Mărimea duzei aspersorului influențează timpul de lucru al motorului hidraulic și prin aceasta, viteza de deplasare a saniei.

Duzele mari acționează în sensul grăbirii (măririi) turației, iar cele mici în sensul reducerii turației.

În tabelul 1.6 se dau caracteristicile (funcționale și constructive) diverselor tipuri de instalații Rollomat.

După cum rezultă, în mod destul de simplu se realizează o gamă de turații și în felul acesta se poate regla viteza de lucru.

Un rol notărilor în func-

ționarea automată și sigură a instalației îl are toba rotativă-alunecătoare. Aceasta asigură menținerea urmei de deplasare. Toba se rotește și înfășoară furtunul în mod continuu. Diametrul ei este funcție de diametrul și lungimea furtunului. În timp ce se rotește, toba alunecă în sens longitudinal, astfel că furtunul se înfășoară în direcția inelului de ghidare.

### Instalații românești

Prezentarea cu o serie de detalii a instalațiilor de tip anrurul s-a făcut din două considerente:

- extinderea mare pe care a luat-o în ultima vreme această tehnică complet automatizată;
- posibilitatea înscrierii cu ușurință într-o schemă hidrotehnică complexă, în care energia este implicit rezolvată (v. cap. 2).

Studierea în continuare în țara noastră a aspersoarelor pentru realizarea unor indici de calitate (intensitatea ploii, finețea ploii, uniformitatea udării, eficiența udării, timpul de udare, randamentul ș.a.) se impune.

Pentru condițiile climatice, orografice, pedologice și de cerințele culturilor, se impune, de asemenea, lărgirea gamei de aspersoare.

Aceleași recomandări se fac și pentru aripile de aspersiune, fie cele mutate manual, fie cele mutate semimecanizat (prin tractare și până la autodeplasare), fie cele staționate pe durata udării sau în mișcare în timpul udării\*.

a) *Direcții de perfecționare.* Și în țara noastră se întreprind perfecționări (I.C.I.T.I.D. Băneasa – Giurgiu, 1981), în direcția mecanizării: pentru culturi cu talie joasă, la IAT-300, IATH-300, IAT-400; pentru culturi cu talie înaltă, la IADF-400; în direcția omologării de noi modele se lucrează la instalația Pivotal. S-a realizat (I.C.I.T.I.D.) instalația cu tambur și furtun, cu două aspersoare, și instalația similară cu IAT-300 pentru culturi cu talie înaltă.

O atenție deosebită a acordat I.C.I.T.I.D. (I. Nicolaescu și V. Iugulescu, 1981) problemelor de dimensionare hidraulică la instalațiile de irigații cu pivot central (tip IAP-450/150), ca și optimizării ploturilor și consumurilor de energie (idem + colectivul catedrei de hidraulică și hidro-ameliorații – Iași: O. Alixandrescu, Șt. Popescu, H. Leibu, Fl. Stătescu ș.a.).

I.C.I.T.I.D. a elaborat și un model matematic, a cărui structură permite găsirea celei mai bune soluții pe calculator, cu privire la metodologia de proiectare a amplasării aspersoarelor în lungul instalației.

Instalația de tip pivot central, prin performanțele ce le prezintă, se poate adapta pentru alimentarea cu

apă din rețea încadrată în schema hidrotehnică teritorială.

După cum s-a menționat, instalația de tip anrurul dovedind calități și performanțe ridicate, cu posibilități ușoare de a se înscrie într-o schemă hidrotehnică, i s-a acordat mare atenție și în țara noastră, unde s-a realizat deja tipul I.A.T.F-300, dat în producție\*.

*Instalația românească de udare prin aspersiune cu tamburi și furtun simbol I.A.T.F-300* a fost omologată în iulie 1984 și este destinată udării prin aspersiune cu apă convențional curată a tuturor culturilor agricole, în special a celor cu talie înaltă.

Instalația udă din mers și poate fi folosită în sistemele de irigații cu rețea de conducte îngropate sub presiune, cu antene distanțate la 612 m. Poate funcționa și în agregat cu o motopompă APT-50/60 care satisface debitul necesar pentru 2-3 instalații. I.A.T.F-300 permite aplicarea unor norme de udare variabile, cea mai mică fiind de 200 m<sup>3</sup>/ha.

Instalația este alcătuită din următoarele părți principale:

- *șasiul*, constituit dintr-un cadru metalic, prevăzut cu două roți cu pneuri, proțap pentru tractare, două picioare de sprijin reglabile și un cric de orizontalizare a poziției instalației;

- *turela*, ce reprezintă o construcție metalică care pivotează pe șasiu și susține următoarele subansamble: tamburul cu furtun, dispozitivul pentru stabilirea pasului de înfășurare a furtunului, mecanismul de acționare a tamburului, frâna tamburului, cadrul de suspendare al căruciorului port-aspersoare și căruciorul port-aspersoare;

- *tamburul*, construcție metalică, de forma unui mosor, reprezentând suportul rotativ al furtunului flexibil;

- *instalația hidraulică*, alcătuită din motorul hidraulic cu burduf, distribuitorul pilotat, distribuitorul de comandă, robineți și conducte de legătură, antrenează tamburul într-o mișcare de rotație prin intermediul brațului de acționare a clișeilor și a coroanei dințate;

- *dispozitivul pentru stabilirea pasului de înfășurare*, alcătuit dintr-un cadru metalic, în sistem de scripeti, un cadru flexibil și un troliu, are rolul de a prelua și suspenda căruciorul port-aspersoare, în vederea pivotării sau transportării lui într-o nouă poziție de lucru;

- *furtunul flexibil* (având diametrul exterior de 110 mm, grosimea de 8 mm și lungimea de 300 m), este confecționat din material plastic și are rolul de conductă flexibilă în circuitul hidraulic de alimentare a aspersoarelor;

\* „Irigații și Drenaje”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981; pag. 203-248, (V. Blidaru, Gh. Pricop, A. Wehry).

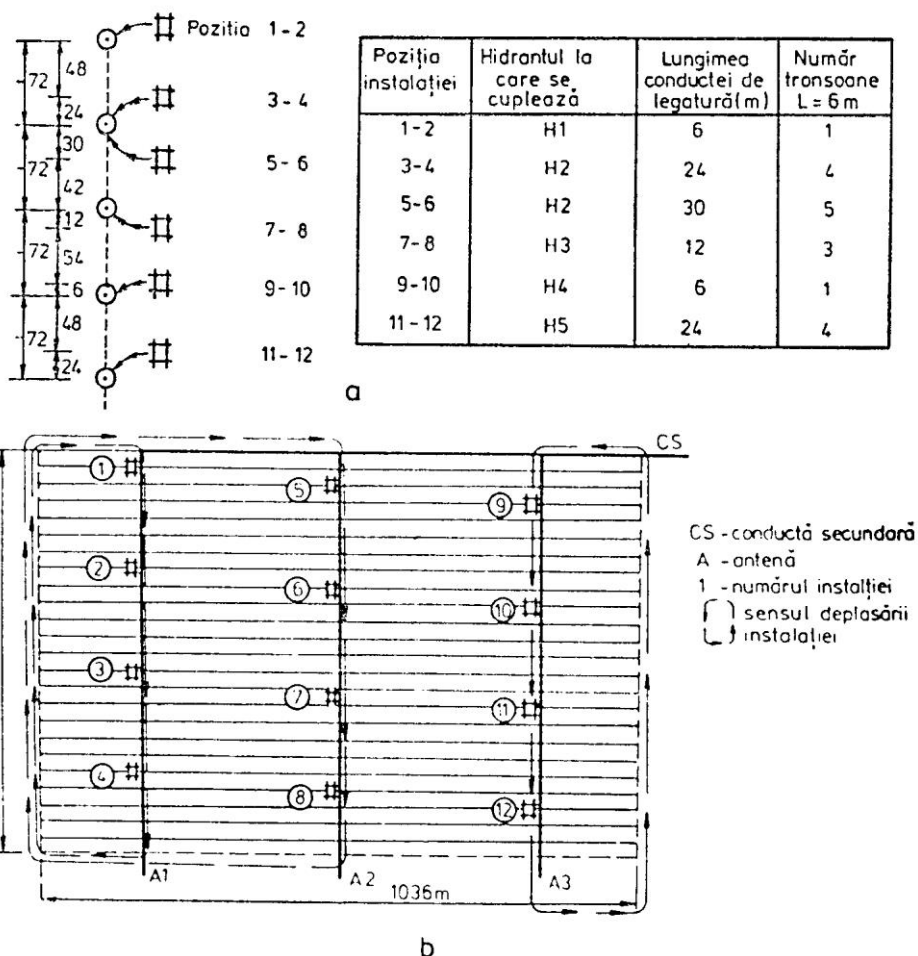
\* Proiect tip nr. 0815 (Catalog 4 I.S.P.I.F. București, 1987).

– *căruciorul port-asper-soare*, realizat dintr-o conductă metalică cu cot, o rampă port-asper-soare și patru roți cu pneuri, din care două directoare. Are rolul de a susține și deplasa aspersoarele în timpul udării;

– *aspersoarele*, de tipul ARS-2, cu acționare în sector de cerc. Au rolul de a distribui apa pe sol numai lateral și în spatele căruciorului, lăsând uscat culoarul pe care se deplasează acesta.

Instalația de udare prin aspersiune cu tambur și furtun (IATF-300) aplică udarea în timpul deplasării căruciorului port-asper-soare, iar șasiul cu tamburul se află în poziție fixă, bransat la hidrant. Instalația are grad mare de mobilitate, irigând și suprafețe cu forme geometrice neregulate.

Principalii parametri de exploatare ai instalației, stabiliți pentru o normă netă de udare de  $600 \text{ m}^3/\text{ha}$  și un ciclu de revenire de 12 zile, sunt prezentați în tabelul 1.7.



**Fig. 1.36.** Schema de cuplare și de lucru a IATF-300: a) schema de cuplare a instalației IATF-300 la hidranți distanțați la 72 m; b) Schema de organizare a aplicării udărilor în module de 12 instalații.

**Tabelul 1.7.** Parametrii de exploatare IATF-300

Duză, mm	Presiune la tambur, $H$ daN/cm <sup>2</sup>	Presiune la aspersor, $h$ daN/cm <sup>2</sup>	Debit instalație, $Q$ l/s	Căderea de presiune pe instalație, $H-h$ daN/cm <sup>2</sup>	Viteza medie, $v$ m/h	Durata udării, ore	Lățime fâșie		Suprafața udată pe ciclu, ha
							udată, m	în schemă, m	
18	4,5	3,32	12,5	12,8	11,9	23,5	68	54	19,3
	5,0	3,68	13,7	13,2	12,7	22,1	72	54	20,5
20	4,5	2,80	15,2	16,2	14,0	20,0	60	54	22,0
	5,0	3,19	10,2	18,1	15,0	18,7	68	54	24,3
22	4,5	2,01	16,6	18,9	15,4	18,8	69	54	24,7
	5,0	2,89	17,0	21,1	10,4	17,1	71	51	20,0

**Tabelul 1.8.** Viteze și norme – IATF-300

Duza, mm	Presiune la daN/cm <sup>2</sup>	Presiune daN/cm <sup>2</sup>	Debit, l/s	Viteza medie aplicată (m/h)				
				Norma netă aplicată (m <sup>3</sup> /ha)				
				200	300	400	500	600
18	4,5	3,32	12,9	35,8	23,8	17,9	14,3	11,9
	5,0	3,08	13,7	38,0	35,3	19,0	15,2	12,7
20	4,5	2,86	15,2	42,2	28,1	21,1	16,6	14,0
	5,0	3,19	10,2	44,9	29,9	22,5	18,0	15,0

Deoarece instalația permite aplicarea unor norme de udare variabile, în tabelul 1.8 sunt prezentate vitezele medii de deplasare ale căruciorului port-asper-soare pentru norme cuprinse între 200 și  $600 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

În figura 1.36 se prezintă schema de cuplare a instalației I.A.T.F-300 la linia de hidranți distanțați la 72 m (a), precum și schema de organizare a aplicării udărilor în module de 12 instalații (b).

## 1.3. AMENDĂRI ÎN TEHNICA IRIGAȚIEI LOCALIZATE

### 1.3.1. TEHNICA IRIGAȚIEI CU RAMPE PERFORATE FIXE

În ultimii ani, în tehnica irigației, căutându-se soluții de optimizare a consumurilor de apă, energie și forță de muncă, s-a ajuns la promovarea, cu o extindere satisfăcătoare, a tehnicii de irigare localizată prin picurare (goutte-à-goutte). Principiile și tehnologia irigației prin picurare sunt, în prezent, suficient de bine puse la punct\*. Unele aspecte, de ordin hidraulic sau legate de materiale, mai continuă a fi studiate.

În cele ce urmează se va insista asupra unui alt procedeu de irigare localizată: „*Rampe perforate fixe*”, extins în ultimii ani, îndeosebi în zona Languedoc Rhôn Inferior, de unde și denumirea „*Procédé Bas-Rhône*”. În plantațiile pomicole și culturile de zarzavat, irigarea prin rampe perforate s-a dovedit superioară irigației prin picurare, care reclamă debite foarte mici și o apă foarte limpede, obținută printr-o filtrare dificilă și scumpă.

#### 1° Principiu de funcționare și elemente componente

Irigarea prin rampe perforate se face cu debite relativ importante, prin procedee simple și cu apă nefiltrată. Principiul irigației prin rampe perforate este următorul (fig. 1.37, a): distribuția apei este asigurată prin difuzoare (orificii) larg dimensionate, plasate pe o rampă din PE neagră derulată pe sol, în lungul liniilor de plante.

După natura terenului, rampa perforată este depusă sau nu la fundul unei rigole de infiltrație.

Între lucrarea de cap – priza de apă (bornă de irigație, stație de pompare ș.a.) și rampe se găsesc succesiv: un filtru cu site, organele de comandă (manuale, semi sau integral automatizate), organele de aducțiune (antenele și racordurile).

– *Conductele de distribuție* la care se racordează rampele perforate sunt din PVC rigid sau din PE (care pot rezista și la presiuni de 6-10 bari).

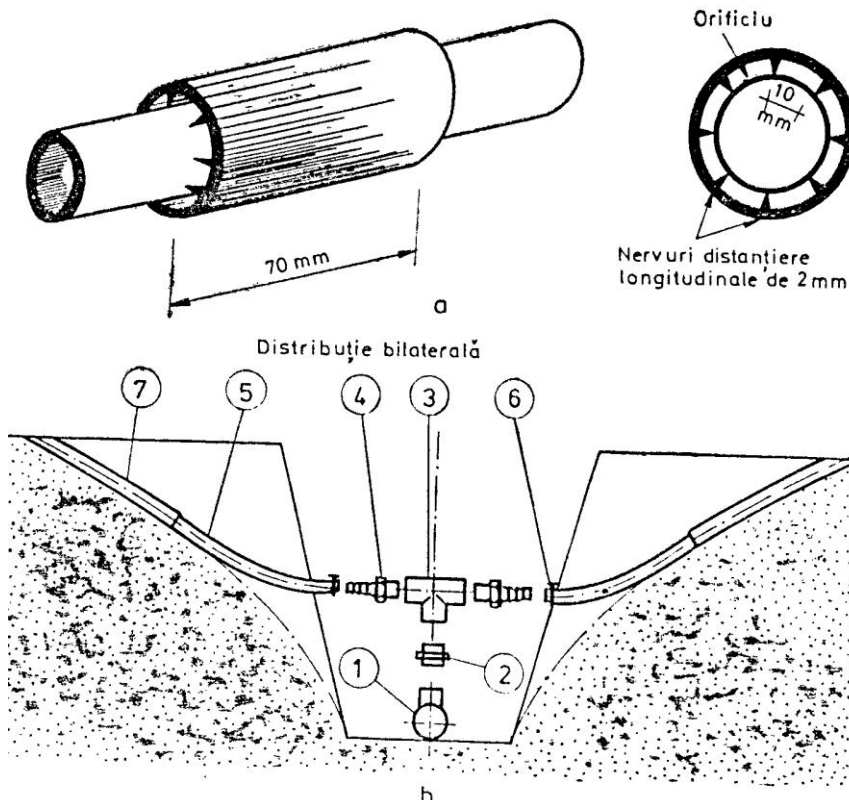


Fig. 1.37. Rampe perforate: a) orificii și manșonul de protecție; b) Schema și elementele de racordare ale rampelor perforate, la conducta de distribuție îngropată. Distribuție bilaterală.

Aceste conducte sunt îngropate pentru a fi protejate și pentru a nu stânjeni circulația în parcele.

Racordarea rampelor perforate la conductele îngropate se face după schema din figura 1.39 b.

– *Rampe perforate* sunt constituite din tuburi de PE neagră de 18 x 20 mm sau 23 x 25 mm sau 29 x 32 mm. Lungimea rampelor poate atinge 200 m fără ca uniformitatea debitelor la orificii să fie afectată.

Așezarea rampelor perforate se face în mod frecvent în rigole de infiltrații, care, comportându-se ca un rezervor tampon, permit o mai bună repartiție a apei în lungul rampei și împiedică scurgerea în interlinii. Rigolele de infiltrație prezintă avantaje pentru toate tipurile de sol, cu excepția solurilor foarte filtrante (nisi-puri).

– *Rigolele* se trasează de-a lungul liniilor de plante, în două variante (fig. 1.38 a) după distanța dintre rânduri și textura solului.

În cazul rândurilor rare de plante (1 m sau mai mult, de exemplu la pomi), se adoptă varianta instalării unei rampe perforate la fiecare rând (fig. 1.38 a), în timp ce la rândurile dese, sub 1 m, se poate instala o rampă la două rânduri (fig. 1.38 b), dacă solul nu este prea filtrant.

– *Difuzoarele (ajutaje)* sunt din alamă, uzinate cu o precizie de 1/100 mm și protejate prin inele-man-

\* V. „Irigații și Drenaje” (cap. 9), V. Blidaru, Gh. Pricop, A. Wehry, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.

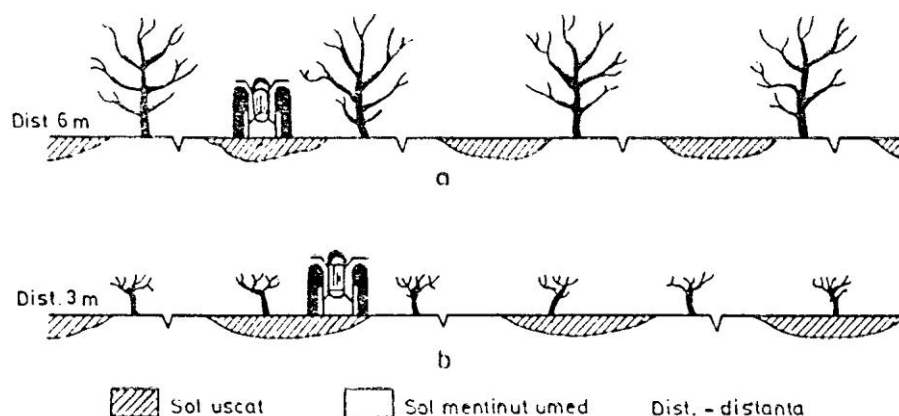


Fig. 1.38. Amplasarea rigolelor de infiltrație pentru rampe perforate: a) pentru rânduri rare de plante; b) pentru rânduri dese.

șon spărgător de jet. Diametrul interior al ajutărilor este de 1,2-2,1 mm. Secțiunea mare a ajutărilor elimină riscul înfundării cu particulele solide în suspensie din apa de irigat.

Pentru a se evita totuși intrarea în rampe a particulelor mai mari aflate în apă, se echipează instalațiile cu un filtru simplu cu site ale căror ochiuri sunt de 750 microni.

## 2° Condiții de proiectare

Gama de orificii permite obținerea unui debit pe ajutoraj surprins între 20 și 140 l/h, la presiunile obișnuit recomandate de 0,3-1,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Debitul ajutărilor nu este afectat de temperatura mediului.

Viteza de scurgere a apei prin orificii asigură funcționarea acestora fără riscul de obturare prin depozit de săruri minerale, conținute în apa de irigație.

Diametrul orificiilor variază în lungul rampei perforate, în scopul realizării unor debite relativ uniforme, care să se situeze în toleranța definită prin coeficientul Christiansen ( $\pm 10\%$  în raport cu debitul nominal ales).

Alegerea orificiilor se poate face prin diverse procedee: metode, grafice, programe pe calculator ș.a.

### Metoda grafică:

- se determină linia piezometrică în lungul rampei perforate;
- se raportează această linie pe profilul în lung al rampei;
- se măsoară presiunile reale în fiecare punct (fig. 1.39 a, b).

În figura 1.39 a se prezintă, pentru fiecare dintre ajutăre  $a_1, a_2, a_3, \dots$  variația debitului în funcție de sarcina  $z$ .

În figura 1.39 b se prezintă

variația debitului ajutărilor alese, în funcție de distanța față de secțiunea de origine a rampei: terenul se consideră orizontal. Calculul începe de la primul ajutoraj, cu diametrul cel mai mic (de la începutul rampei), care corespunde debitului căutat; apoi, când pierderile de sarcină fac să coboare suficient linia piezometrică, se trece la un calibru imediat superior și astfel se continuă până la lungimea maximă a rampei, când debitele (datele de ultimele ajutăre) se înscriu în toleranța definită de coeficientul Christiansen ( $\pm 10\%$  față de debitul nominal ales).

### – Calculul prin ordinator

Determinarea diametrului diferitelor tipuri de ajutăre în lungul unei rampe se poate face pe calculator. Programul de calcul include ecuațiile curbelor debit-presiune a ajutărilor și linia piezometrică a rampei.

În prezent se folosește programul elaborat de S.E.T.T. (Societate de exploatare a tehnicilor de irigat Bas-Rhône).

## 3° Probleme de exploatare în regim automatizat

Irigarea prin rampe perforate prezintă avantajul unei totale automatizări, cu folosirea unor debite și presiuni foarte mici.

Automatizarea irigației prin rampe perforate se poate realiza cu ajutorul a două dispozitive ce funcționează pe rețea. Acestea sunt *vanele volumice* și *vanele cu membrană*, cu comandă hidraulică.

*Vanele volumice.* Afișajul de către fermier pe un buton gradat a volumului de apă ce trebuie livrat provoacă deschiderea vanei.

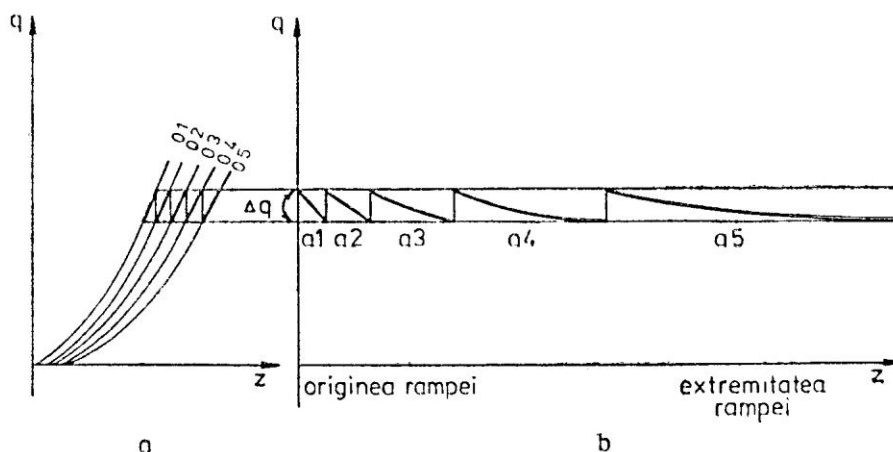
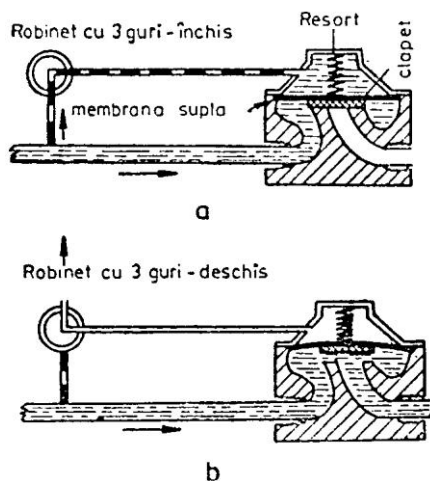


Fig. 1.30. Calculul rampei perforate (Bas-Rhône): a) curbele de debit-sarcină a ajutărilor; b) repartizarea diverselor ajutăre în lungul rampei perforate.

Trecerea apei antrenează o elice a cărei mișcare este transmisă, printr-un sistem de angrenaje, la butonul gradat care revine lent către zero. Vana se închide atunci automat.

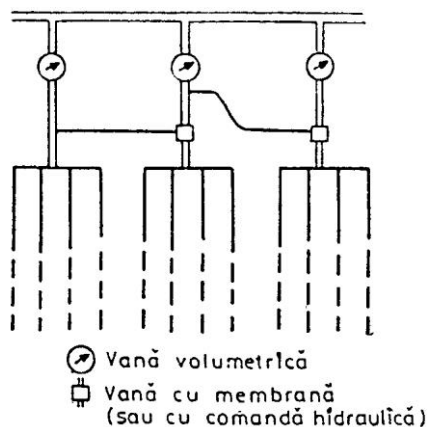
– *Vanele cu membrană* (fig. 1.40, a, b). Într-o vană cu membrană clapetul de închidere este montat pe o membrană suplă. Un resort aplică clapetul pe corpul inferior; atunci vana este închisă, presiunea rețelei se exercită pe ambele fețe ale membranei (fig. 1.40, a).

Vana se deschide când presiunea din rețea încetează să se exercite pe fața superioară a membranei (fig. 1.40 b). Comanda de la distanță la acest tip de vană se realizează cu ușurință prin robinetul cu trei guri și o conductă suplă (furtun) cu diametrul foarte mic.

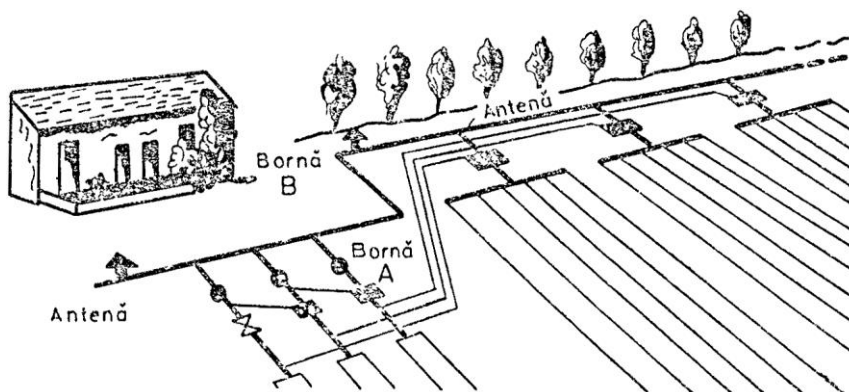


**Fig. 1.40.** Vană cu membrană: a) Vană cu membrană închisă; b) Vană cu membrană deschisă.

În figura 1.41 se arată componența și modul de amplasare al echipamentului care asigură un ciclu de udare automatizat, într-o unitate parcelară.



**Fig. 1.41.** Parcelă echipată pentru un ciclu de udare automatizat.



**Fig. 1.42.** Automatizarea irigației prin rampe perforate a unei plantații.

Într-o plantație (de exemplu de 1 ha) divizată în trei unități parcelare, care se udă succesiv, automatizarea, care se bazează pe cele două tipuri de vane, se realizează astfel: deschiderea primei vane volumetrică provoacă închiderea vanei cu membrană amplasată în aval de a doua vană volumetrică. Un volum poate atunci fi afișat, pe cea de a doua vană, fără a provoca (livra) imediat debit, asigurând închiderea vanei cu membrană plasată în avalul celei de-a treia volumetrică, care poate fi deschisă la rândul său fără dezavantajul de a provoca (livra) debit.

Închiderea fiecărei vane volumetrică liberează trecerea spre vana următoare și așa mai departe.

În figura 1.42 se vede, în apropierea unei locuințe, o mică unitate parcelară, echipată, pilotând una sau mai multe alte unități parcelate, sau alte parcele mai lungi sau cu suprafețe mai mari.

Printr-o conductă suplă (furtun) cu un diametru foarte mic, având cost mai redus ca un cablu electric, se leagă fiecare vană volumetrică, cu „corespondentele” de la celelalte parcele.

*Programarea electronică.* Comutarea diferitelor posturi este asigurată printr-un programator, care comandă vanele volumetrică (fig. 1.43). Ansamblul sistemului se compune:

- dintr-un programator;
- dintr-un evaporimetru pilot;
- din electrovane.

Programatorul poate comanda 24 vane cel mult. Punerea în lucru a aparatului se poate efectua în diferite moduri:

- cu ajutorul unui evaporimetru pilot (fig. 1.44);
- cu ajutorul unui ceas exterior;
- cu ajutorul unui detector de umiditate.

Un circuit permite de a se interzice irigația în baza unui ordin de la un dispozitiv sau o stare exterioară (exemplu: oprirea irigației în perioada de mare insolație). Un circuit de comandă anexat permite pornirea sau oprirea automată a stației de pompare care are puteri mici.

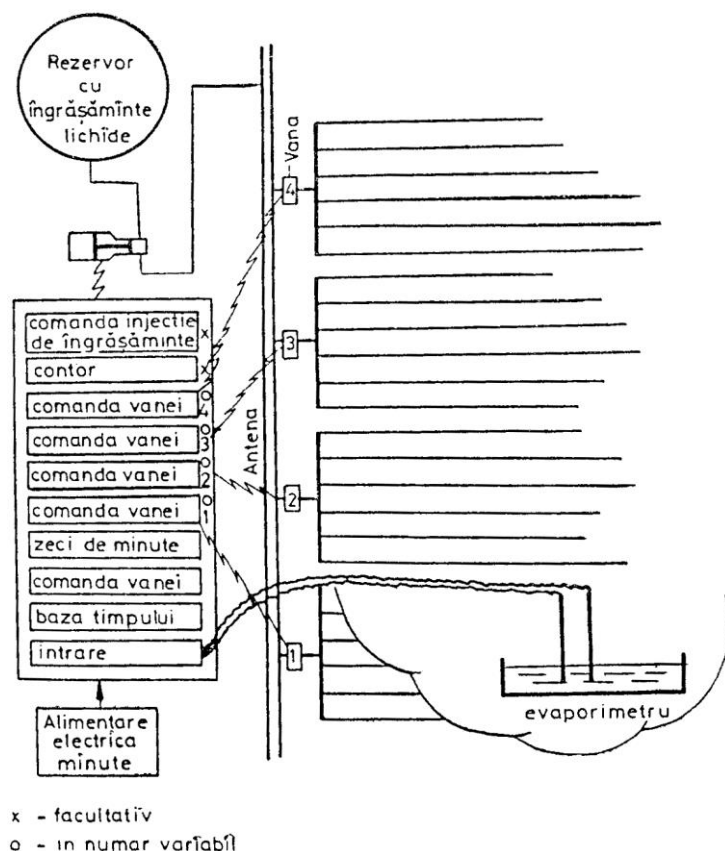


Fig. 1.43. Programarea electronică a udării.

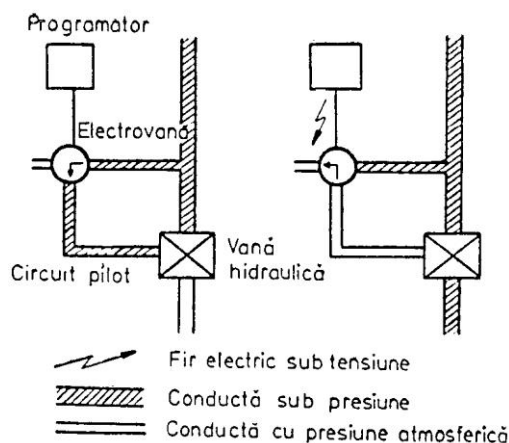


Fig. 1.44. Modul de amplasare a echipamentului de automatizare prin programare.

### 1.3.2. TEHNICA IRIGAȚIEI PRIN PICURARE

#### 1.3.2.1. Principiul metodei și elementele componente

##### 1° Considerații generale

Tehnica irigației prin picurare se bazează pe distribuția apei numai în zona sistemului radicular al plantei, umectând doar un procent redus din suprafața

afectată culturii; aceasta contribuie la micșorarea volumelor de apă administrate, cu o influență directă și asupra consumului de energie și forță de muncă.

Metoda de udare prin picurare constă în dirijarea apei de irigație prin conducte până în apropierea plantei și distribuirea acesteia prin intermediul unor dispozitive (picurătoare). Picurătorul preia apa din conducta de udare la o presiune mai mare decât cea atmosferică și o distribuie plantei la o presiune egală cu cea atmosferică, efectuând în sol o dispersie diferențiată și tridimensională (a apei), menținând astfel un nivel scăzut al tensiunii osmotice în profilul pedologic.

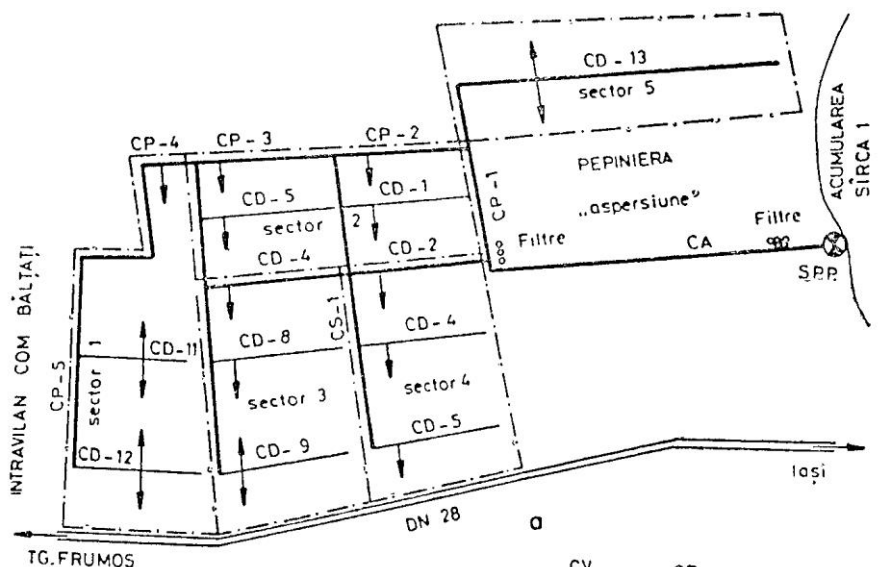
Irigația prin picurare se aplică cu o eficiență economică ridicată culturilor intensive și superintensive dispuse pe rânduri și cu o densitate mare de plante la hectar; de asemenea, se aplică acolo unde irigația clasică (brazde, aspersiune, inundare) întâmpină dificultăți datorită culturii, terenului, agrotehnicii etc. În zonele cu climat temperat unde irigația este complementară, metoda de udare prin picurare se aplică cu deplin succes la culturile pomicele, viticole, de arbuști fructiferi, legume, în general la culturile care suportă o investiție inițială mai ridicată.

Schemele de amenajare în cazul irigației prin picurare se particularizează după specificul culturii, relieful și textura terenului, poziția sursei de apă și modul de organizare-exploatare a sistemului. Sistemul de irigații (constructiv) este realizat dintr-o rețea de conducte îngropate cu rol de transport a apei și o rețea de conducte supraterane cu rol de distribuție, pe care se află montate picurătoarele. Pe rețea se află o serie de construcții și diverse accesorii cu rol de derivare, reglare și măsurare a volumelor de apă, debitelor, presiunilor etc. Conducta de udare (CU) constituie elementul principal al rețelei și poate avea o poziție fixă sau mobilă (fig. 1.45)\*, funcționând cu un debit uniform distribuit. Conducta de distribuție (CD) deservește un număr de conducte de udare, fiind aferentă unei parcele de udare și funcționează de asemenea cu un debit uniform distribuit. Conductele – CS – (aferente unui sector de udare) și cele principale (CP) au rolul de a transporta apa de la instalația frontală la conductele de distribuție.

Instalația frontală („capul”) cuprinde o serie de armături cu rol de reglare și control a parametrilor udării, precum și o serie de dispozitive specifice irigației prin picurare: filtre pentru îmbunătățirea calității apei, dispozitivul pentru aplicarea îngrășămintelor, aparatura de automatizare etc. (fig. 1.46).

\* Proiectat și executat de Institutul Politehnic Iași (1986, M. Luca și colectiv).





Funcție de complexitatea sa, instalația frontală poate ocupa o poziție în secțiunea amonte a conductei secundare sau a conductei principale, iar unele componente, cum ar fi filtrele, pot fi plasate și în secțiunea de intrare a sistemului de irigație.

În țara noastră cercetările întreprinse de I.C.I.T.I.D. au condus la realizarea unei instalații de udare prin picurare (IUP-1) cu posibilități de irigare a unei suprafețe de 20-24 ha, prin alimentare cu apă de la un hidrant. Pentru suprafețe mai mari, sistemul de irigație prin picurare trebuie conceput în mod unitar cu o raționalizare a consumului de materiale, forță de muncă, energie și apă. La plantațiile pomicole și viticole (eventual arbuști), conductele de udare au poziție fixă. La culturile legumicole se poate adopta o schemă de amenajare cu conducte de udare mobile, având în vedere distanțele mici dintre rândurile de plante și consumul mare de material la hectar.

## 2° Elementele tehnice ale udării

La aplicarea udării prin picurare se raționalizează modul în care planta folosește apa de irigație. Umectându-se doar suprafața din vecinătatea plantei unde se distribuie sistemul radicular, rămâne un procent de suprafață neudată, fapt ce contribuie la micșorarea transpirației și la diminuarea maximă a evaporației. În general, pentru zonele cu climat temperat se admite că norma de irigație pentru udare prin picurare este o parte din norma de irigație dată prin metodele clasice (brazde, aspersiune), proporțională cu porțiunea de suprafață (medie temporală) umbră de cultură din întreaga suprafață a plantelor:

$$M_p = \alpha M$$

în care:

$M_p$  este norma de irigație, la udarea prin picurare;

$\alpha$  - procentul mediu de suprafață umbră de cultură.

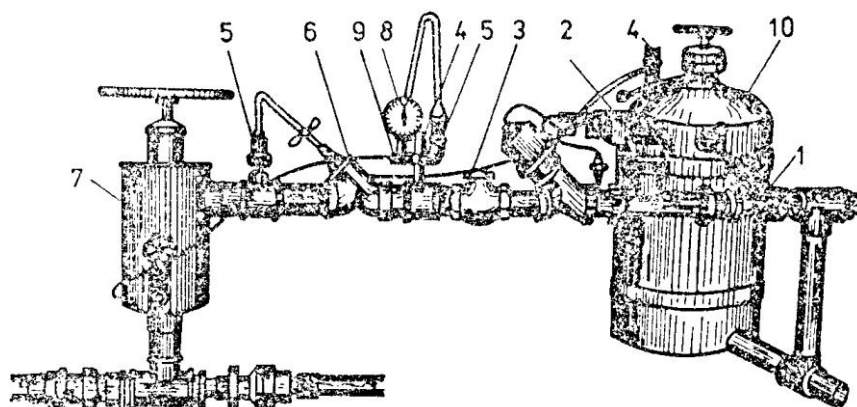


Fig. 1.46. „Capul” instalației de picurare: 1 - robinet de plecare (legătura la hidrantul rețelei sub presiune - subterană); 2 - supapă automată (pentru operații în conformitate cu debitul descărcat); 3 - supapă de reîntoarcere; 4 - supapă de aer; 5 - legăturile la și de la rezervorul de îngrășămintă; 6 - robinet pentru reglarea scurgerii de soluție nutritivă; 7 - filtru; 8 - manometru; 9 - legătura pentru măsurarea presiunii după filtru; 10 - rezervorul de îngrășămintă.

După Keller, J. se indică coeficientul de reducere a normei de irigație sub forma:

$$(e + t)_p = (\varepsilon + t) \cdot K$$

și

$$K = \frac{\alpha}{0,85}$$

iar după Decroix, M:

$$K = (0,10 + \alpha)$$

În cazul culturilor dispuse pe rânduri, unde distanța dintre rânduri devine egală cu cea dintre conductele de udare ( $d_r$ ), funcție de debitul picurătorului și de caracteristicile pedologice (determină distanța dintre picurătoare  $d_p$ ), rezultă procentul de suprafață umectat, respectiv coeficientul de corecție al normei de udare (Grumezea):

$$\alpha = \frac{m_p}{m} = \frac{100S_u HG_e (C_e - P_m)}{100S_t HG_e (C_e - P_m)} = \frac{S_u}{S_t} \cong \frac{d_p}{d_r} \quad (26)$$

în care:

$m_p$  este norma de udare în luna de vârf pentru irigația prin picurare;

$S_u$  – suprafața udată;

$S_t$  – suprafața ocupată de cultură.

În condiții de climă aridă procentul  $\alpha$  are valori de la 7-10% ( $d_r = 5-6$  m), la 80-100% ( $d_r = 0,8-1,0$  m), în cazul folosirii unor picurătoare cu debite de 2-8 l/h (Keller). În condițiile țării noastre, unde irigația este complementară, valoarea minimă a coeficientului  $\alpha$  este de 20% pentru plantațiile pomicole-viticole (Luca, Bartha) și de 50-60% pentru culturile de legume (Grumezea).

Funcție de distanța dintre picurătoare în lungul rândului de plante, se realizează o fâșie udată, sau un număr de bulbi de umectare distincți sau parțial intersecți (fig. 1.47). Bulbii de umectare pot fi aproximați cu niște cilindri de diametru  $D$  în care se înmagazinează un volum de apă  $V$  conform relației (Scripcaru):

$$V = S_u \cdot m_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{m_p}{100} \quad (27)$$

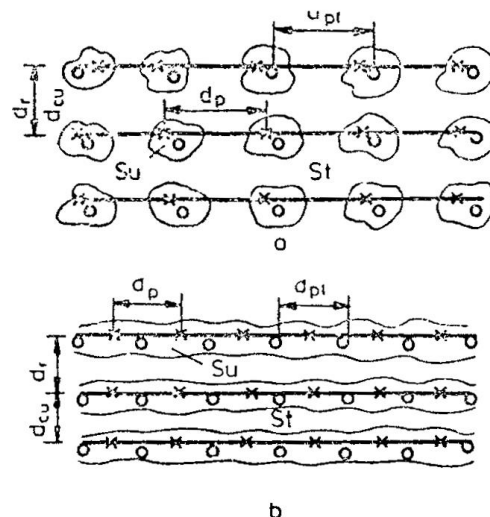
sau

$$D = 200 \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot m_p}} \quad (28)$$

respectiv.

$$\alpha = \frac{50}{d_r} \sqrt{\frac{\pi \cdot V}{m_p}} \quad (29)$$

Cercetările efectuate la noi în țară (Grumezea, Scripcaru, Luca, Bartha), în condițiile pedoclimatice respective, indică valori ale procentului  $\alpha$  de 20-40% pentru culturile pomicole ( $d_r = 3-6$  m), de 20-60% pentru culturi viticole și de arbuști fructiferi ( $d_r = 2-4$  m) și de 60-85% pentru culturile de legume ( $d_r = 0,3-1,2$  m).



**Fig. 1.47.** Scheme de udare pentru irigația prin picurare: a) distanța dintre rânduri  $d_r = 5-6$  m; b) distanța dintre rânduri  $d_r = 3-4$  m.

Funcție de aceste procente, consumul de apă se reduce cu 30-60% la culturile pomicole intensive, cu 30-40% la plantațiile viticole și de arbuști superintensive și cu 10-30% la culturile legumicole (Nicolaescu, Blidaru și col.).

Intervalul dintre udări depinde de ritmul de consum al apei din sol, care este o funcție de tipul culturii. Astfel, plantațiile pomicole intensive ( $d_{pl} = 1-2$  m) consumă 5-8 mm/zi, cele viticole 3-5 mm/zi, iar cele legumicole 6-8 mm/zi (Keller).

Frecvența udărilor poate fi de la diurnă, la 7-10 zile, corelată și cu necesitățile culturii în anumite perioade de vegetație (înflorit, formarea semințelor, creșterea fructelor etc.). Irigația prin picurare prezintă avantajul de a asigura o frecvență ridicată a udărilor, datorită caracteristicilor tehnice ale amenajării, precum și a consumului mic de apă.

Durata udării depinde de volumul de apă ce trebuie administrat și de intensitatea realizată de picurător:

$$t = \frac{m_p \cdot d_{eu} \cdot d_p}{n \cdot q} \quad (30)$$

în care:

$t$  este timpul de udare;

$n$  – numărul de picurătoare pe 1 m<sup>2</sup> ocupat de cultură;

$q$  – debitul picurătorului.

Intensitatea udării se calculează cu formula:

$$i = \frac{q_d}{d_p} \cdot \frac{1}{l_{cu}}$$

în care:

$q_d$  este debitul specific uniform distribuit;

$l_{cu}$  – lungimea de conductă de udare ce revine la 1 m<sup>2</sup> de suprafață.

Pentru evitarea șiroirilor se recomandă ca intensitatea udărilor să fie mai mică decât coeficientul de conductivitate hidraulică  $K$ . În acest sens se limitează valoarea debitului la picurător între 2-6 l/h în raport cu textura solului (Grumezea).

Debitul specific de dimensionare a unei amenajări de irigație prin picurare este funcție de tipul amenajării, cât și de scopul irigației: asigurarea întregului necesar de apă al plantelor, sau completarea unui deficit. Pentru o frecvență ridicată a udărilor (1-3 zile), irigația trebuie să satisfacă consumul maxim asigurat pe perioada de calcul, în general evapotranspirația zilnică cu asigurarea de calcul. În cazul când irigația are rol complementar, iar frecvența udărilor este mai mică (5-10 zile), evapotranspirația zilnică se înlocuiește cu deficitul de umiditate zilnic maxim (cu asigurarea de calcul). Pentru un sector de udare prin picurare ocupat de aceeași cultură, debitul de dimensionare va fi:

$$q_s = \frac{27,78 \cdot \alpha \cdot E_{zi} \cdot n_{zi}}{t_u} \quad (31)$$

în care:

$q_s$  este debitul specific de dimensionare a instalației de udare, l/s ha

$E_{zi}$  – evapotranspirația potențială zilnică maximă cu asigurarea de calcul;

$D_{zi}$  – deficitul de umiditate zilnic maxim (cu asigurarea de calcul), în mm;

$n_{zi}$  – numărul de zile între două udări;

$t_u$  – durata udării în ore.

Valoarea deficitului poate fi stabilită pe o durată mai mare, zile, decade, lună, în calcule luându-se valoarea medie.

La nivelul întregii amenajări, debitul specific va fi:

$$q_{sp} = 27,78 \frac{\alpha \cdot E_{zi}}{t_{zi}} \quad (32)$$

iar debitul de dimensionare:

$$Q = \frac{q_{sp} \cdot S}{C_u \cdot \eta} \quad (33)$$

în care:

$q_{sp}$  este debitul specific de dimensionare, în l/s ha;

$t_{zi}$  – durata zilnică de udare, în ore;

$Q$  – debitul de calcul, în l/s;

$S$  – suprafața brută amenajată, în ha;

$C_u$  – coeficient de uniformitate a udării;

$\eta$  – randamentul udării.

La irigația prin picurare, coeficientul de uniformitate are valoarea de 90%, iar randamentul udării în câmp  $\eta = 0,90-0,95\%$ . Debitul specific de dimensionare în cazul unei irigații complementare, în condițiile pedoclimatice ale Podișului Moldovei, la udarea prin

picurare a plantațiilor pomicole super-intensive circa 2.500 pomi/ha) au avut valorile 0,15-0,25 l/ha (Luca, Bartha, Blidaru), iar la plantațiile viticole de 0,3-0,33 l/s/ha (Scripcaru).

Valorile mici ale debitelor specifice permit valorificarea unor surse de apă cu volum redus de apă, în cazul irigației prin picurare cum ar fi lacurile colinare, apa subterană, captări de izvoare etc.

### 3° Elementele tehnice ale amenajării

Conductele de udare ce se montează la suprafața terenului trebuie să prezinte o elasticitate mare, rezistență la șoc, valori reduse ale coeficientului de dilatație liniară. Cele mai indicate în acest caz s-au dovedit a fi polietilena de joasă densitate (PEjd) și polipropilena, în care s-a introdus negru de fum (2,5-3,5%) pentru opacizare. Tuburile din PEjd se obțin prin injecție și extindere, având diametre nominale  $D_n = 12-32$  mm. La diametre mai mari de 30 mm, din punct de vedere economic este indicat a se folosi tuburi din PVC plastifiat de tip ușor, la realizarea conductelor de udare. Tuburile din mase plastice, standardizate, fabricate în țara noastră, pot acoperi domeniul de diametre necesare realizării conductelor de udare din sistemele de irigații, prin picurare.

Extinderea irigației prin picurare a condus la realizarea unor conducte de udare care prin construcția lor înlătură folosirea picurătoarelor. În acest caz apa de irigație este distribuită prin corpul conductei de udare cu ajutorul unor orificii, microorificii, fâșii poroase, microtuburi, pereți dubli etc. Conducta de udare prezintă tuburi duble concentrice sau excentrice, cel principal cu rol de transport, iar cel secundar cu rol de distribuție, executate din PEjd sau PVC-U. Cele mai utilizate din această categorie sunt de tipul Biwall, Driphose și Chapin (tuburi excentrice, folosite în S.U.A., Franța, Noua Zeelandă, Italia) și Agrodrip (tuburi concentrice, Germania).

Conductele de udare care distribuie apa prin corpul lor se folosesc, în general, la culturile de legume, unde după fiecare sezon de irigație sunt ridicate (lungimi de 40-120 m) în vederea executării lucrărilor agrotehnice. Debitul și uniformitatea de distribuție sunt influențate de o serie de factori legați de parametrii schemei de amenajare (presiune de alimentare, lungime, debit distribuit, pantă etc.).

Rolul de a prelua apa din conducta de udare și de a o distribui la plantă îi revine picurătorului, care alături de conductele de udare și cele de distribuție, ocupă cea mai mare pondere din investiție la irigația prin picurare. Extinderea irigației prin picurare a condus și la diversificarea tipodimensiunilor de picurătoare.

Picurătorul se caracterizează prin parametrii hidro-draulico-funcționali ce determină parametrii construc-

tivi. Funcțional, picurătorul se caracterizează prin debit nominal, maxim, minim și presiune de lucru. Picurătoarele au debite de 2-12 l/h la presiuni de 0,3-1,5 bari, pe considerentul de a nu crea fenomene de băltire și șiroiri pe un sol cu o anumită textură.

Picurătoarele sunt executate din mase plastice pe aceleași considerente ca și conductele de udare (rezistente la acțiunea factorilor climatici și a celor chimici din apa de irigație, precum și pentru o execuție și montare ușoară). Pe conducta de udare picurătorul prezintă un montaj lateral (prin înfigere-filetare) sau un montaj axial (prin îmbinare).

Tipurile diferențiate de picurătoare ce pot fi montate pe conductele de udare diferă după caracteristica hidraulică și în special după exponentul presiunii.

$$q = Kh^r \quad (34)$$

în care:

$q$  este debitul picurătorului, în l/h;

$H$  – presiunea de lucru, în mCA;

$K$  – parametru ce depinde de caracteristicile constructive;

$r$  – parametru ce caracterizează regimul hidraulic de funcționare al picurătorului.

În general, exponentul  $r$  caracterizează modul de disipare a energiei excedentare a apei la preluare din conducta de udare ( $P > P_{at}$ ), până la distribuirea la plantă ( $P \approx P_{at}$ ).

Picurătoarele pot fi grupate în:

– picurătoare cu traseu lung de curgere,  $1 < r < 0,5$ ;

– picurătoare cu traseu scurt de curgere,  $r \approx 0,5$ ;

– picurătoare cu autoreglare,  $r < 0,3$ .

Din prima categorie – picurătoare cu traseu lung de curgere – fac parte microtuburile, picurătoarele cu traseu șicanat, picurătoarele cu traseu elicoidal etc.

Pentru aceste picurătoare, ecuația (34) poate fi scrisă sub forma:

$$q = K_1 L^x H^r \quad (35)$$

unde este pusă în evidență lungimea de disipare a energiei.

Pentru microtuburi ce prezintă diametre interioare de 0,6-1,2 mm (cu o largă folosire în S.U.A. și Australia), ecuația (35) se poate transforma funcție de numărul de spire ( $n$ ) ce se pot forma pe o conductă de udare cu diametrul exterior  $D_e$  în:

$$q = K_2 [(D_e + d_e)n]^x H^r \quad (36)$$

în care:

$d_e$  este diametrul exterior al microtubului (fig. 1.48).

La sistemele de irigație prin picurare pentru plantațiile pomicole superintensive din Podișul Moldovei, picurătoarele au fost executate din microtub de PEjd cu  $d_e = 2,0$  mm și  $d_i = 0,8$  mm, cu următoarea

caracteristică hidraulică (M. Luca):

$$q = 6,534 [(D_e + d_e)n]^{-0,71} H^{0,69}$$

cu reprezentarea grafică în figura 1.49.

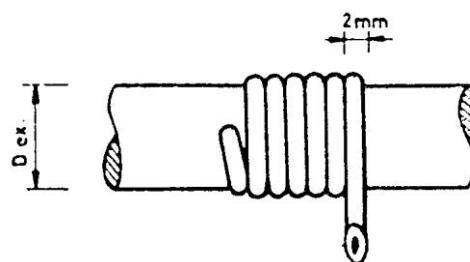


Fig. 1.48. Picurător cu număr variabil de spire.

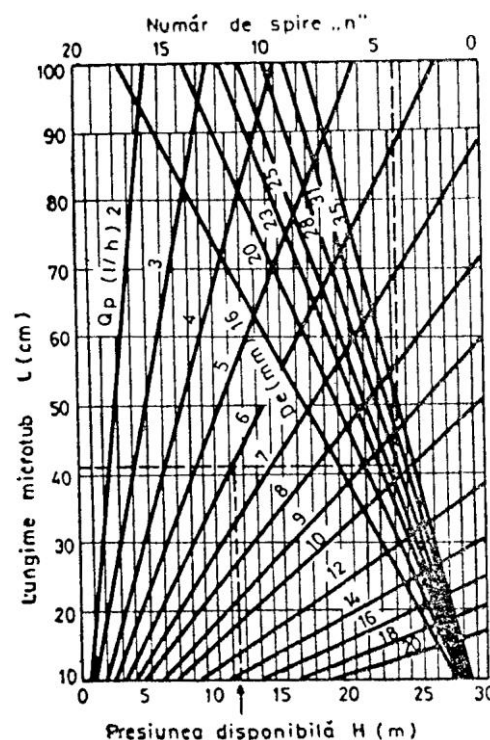


Fig. 1.49. Grafic de dimensionare a picurătoarelor microtub PEID cu  $d = 0,8$  mm.

Picurătoarele tip microtub au și abilitate mare în timp, rezistă bine la acțiunea factorilor climatici și chimici și nu se înfundă ușor. Stabilitatea debitului se asigură la presiuni diferite prin variația lungimii (numărului de spire) picurătorului, totodată are un cost scăzut în comparație cu celelalte picurătoare.

La picurătoarele cu traseu de curgere șicanat, exponentul  $r \approx 0,6$ , situându-se pe acestea în domeniul curgerii de tranziție de la laminar la turbulent. Din această categorie fac parte tipul Netafim, Naan și Lego din Israel. Șicanarea drumului de curgere a apei într-un tub cu ajutorul unui șurub stă la baza construcției picurătoarelor tip Pluidor (Franța) și Camerun (Anglia). Majoritatea picurătoarelor din această categorie au un montaj lateral.

Din categoria picurătoarelor cu traseu scurt de

curgere fac parte orificiile, duzele cu secțiuni foarte reduse ( $S < 0,2 \text{ mm}^2$ ), sau unele picurătoare cu lungime de disipare ce lucrează în regim turbulent.

Orificiile și duzele calibrate montate pe conducta de udare au valoarea exponentului  $r$  diferită (relativ) de 0,5, având în vedere montajul acestora pe tuburi cu diametre mici, ce modifică curgerea prin orificiu descrisă de ecuația clasică:

$$q = \mu A \sqrt{2gH} = K \cdot d \cdot H^{0,5}$$

În acest caz exponentul  $r$  are valori de 0,49-0,46, influențând în mod direct cantitatea de apă evacuată. Debitele acestor picurătoare au valori de 1-10 l/h pentru presiuni de serviciu de 3-10 mCA. Prezintă avantajul unei execuții ușoare și a unui montaj rapid. Datorită dimensiunilor mici ale orificiilor sunt sensibile la obturare ( $d = 0,15-0,5 \text{ mm}$ ).

O problemă deosebită o ridică la aceste picurătoare calibrarea dimensiunilor orificiului de curgere, datorită valorilor sale reduse. Cele mai cunoscute tipuri sunt: duzele calibrate CANBRL (Franța), care pot fi încadrate în domeniul metodei de udare prin tuburi perforate ( $q = 20-100 \text{ l/h}$ ) și picurătorul Netafimbuton (Israel), cu un debit de 2-4 l/h.

Picurătoarele cu autoreglare ( $r < 0,3$ ) au contribuit alături de cele microtub la obținerea unor lungimi mari de conductă de udare. Modul de disipare a sarcinii excedentare a determinat forma constructivă, cu traseu lung de curgere sau cu orificii. Autoreglarea în afara presiunii de serviciu se realizează prin modificarea traseelor și spațiilor de curgere cu un element elastic (membrană de cauciuc, bilă etc.).

Picurătoarele cu autoreglare sunt calibrate pe game de debite (2; 4; 8 l/h), lucrând la presiuni în ecartul de 0,5-2,0 bari. Picurătoarele din această categorie au o construcție complexă, iar elementul elastic, din membrană de cauciuc, suferă un proces de îmbătrânire, diminuând performanțele hidraulice. Dar siguranța în exploatare le-a impus cu tot costul destul de ridicat. Cele mai cunoscute tipuri sunt: Netafim, Plastif din Israel, Rain-Bird și Enteromatic din S.U.A., Key Emiteer din Australia etc.

Pentru amenajările din țara noastră, I.C.I.T.I.D. produce un picurător cu autoreglare cu  $q = 4 \text{ l/h}$  la  $H = 0,5-2,5 \text{ bari}$ , pe principiul variației de presiune pe un traseu șicanat cu ajutorul unei membrane elastice. Picurătorul tip LID – Iași (proiectat de Laboratorul de Irigații și Drenaje al Institutului Politehnic Iași) permite păstrarea unui debit cvasiconstant prin modificarea secțiunii de curgere la acțiunea diferenței de presiune interior-exterior (figura 1.50, M. Luca).

Rezultatele obținute privind comportarea picurătoarelor, în procesul de exploatare a amenajării, au permis optimizarea acestora și crearea unora cu performanțe deosebite.

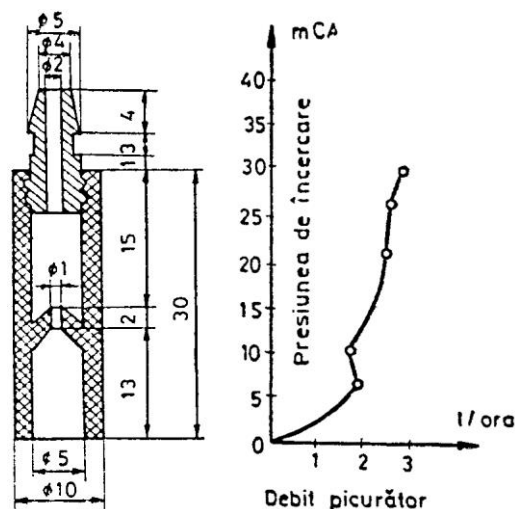


Fig. 1.50. Picurător L.I.D. Iași.

În S.U.A. și Franța, aceste picurătoare poartă denumirea de Vortex, iar cele produse în Israel, de Ti-rosh. Acestea prezintă debite de 4-8 l/h, la presiuni de 0,5-2,0 bari.

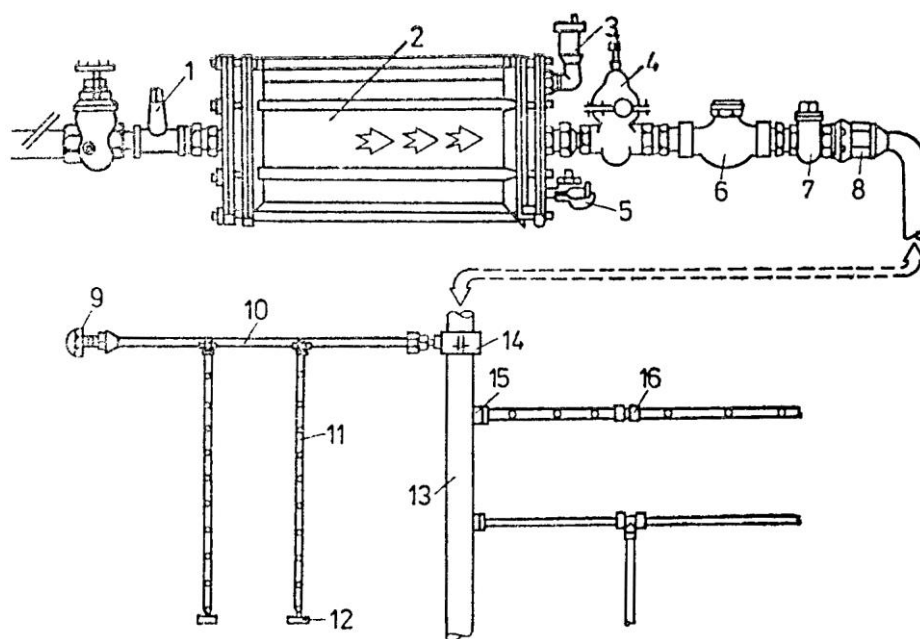
Problema înfundării sau colmatării, în urma proceselor mecanice sau biologice ce apar în cursul exploatarei, se încearcă a fi rezolvată prin folosirea unui picurător autocurățitor.

În amenajările de irigații prin picurare o pondere importantă din investiție o dețin *conductele de distribuție*. Din acestea, prin intermediul unor noduri de branșament, apa de irigație este preluată de conductele de udare. La rândul ei, conducta de distribuție se alimentează din conducta secundară printr-un nod de distribuție, în care există o serie de armături pentru derivarea și reglarea parametrilor de presiune și debit (v. fig. 1.45).

Pentru execuția conductelor de distribuție se folosesc tuburi din masă plastică ce rezistă la sarcinile statice și dinamice transmise de apa transportată, cât și de umplutura de pământ din șanțul de pozare. În această categorie intră tuburile din PVC-M și PEîd (întărită densitate), ale căror caracteristici sunt înscrise în tabelul 1.9.

Pe conductele de distribuție ca și pe cele de udare există o serie de accesorii (armături și fittinguri) care se diferențiază după rolul funcțional și după natura materialului de execuție. Păstrarea calității apei de irigație a impus ca aceste accesorii să fie executate din mase plastice (PEjd, PEîd, PVC plastifiat) sau din unele metale care nu ruginesc în contact cu apa.

Pentru suprafețe de dimensiuni mici (5-20 ha) amenajate pentru irigarea prin picurare, o serie de componente tehnice specifice acestei metode pot fi grupate într-un ansamblu sub denumirea de „capul instalației” sau „instalație frontală”. Componenta instalației frontale de tip centralizat este prezentată în fig. 1.51.



**Fig. 1.51.** Ansamblul frontal tip Eternomatic: 1 – robinet; 2 – filtru; 3 – ventil de evacuare a aerului din filtru; 4 – limitator de presiune; 5 – ventil pentru curățirea de măr; 6 – contor de apă; 7 – vană de reținere; 8 – fitting de legătură; 9 – dop de capăt; 10 – conductă de transport; 11 – conductă de udare; 12 – dop de capăt; 13 – conductă de distribuție; 14 – fitting de legătură; 15 – reducere; 16 – niplu.

**Tabelul 1.9.** Dimensiunile tuburilor din PVC-M și PEîd

Materialul	Diametrul exterior nominal, mm	Grosimea nominală a peretelui, mm	Diametrul interior nominal, mm	Masa (kg/m) informativ
PVC M STAS 6675-62	40	2,0	36,0	0,366
	50	2,4	45,2	0,547
	63	3,0	57,0	0,854
	75	3,6	67,8	1,210
	90	4,3	81,4	1,740
PEîd	40	2,3	35,4	0,265
	50	2,8	44,4	0,400
	63	3,6	55,8	0,650
	75	4,3	66,4	0,925
	90	5,1	79,8	1,300

Pentru sistemele de irigație prin picurare din țara noastră o parte din elementele componente ale instalației frontale sunt executate în întreprinderile de specialitate (debitmetre, regulatoare de presiune și debit, manometre cu contact etc.), iar altele se află în faza de cercetare și omologare. Alte componente se pot asimila după cele folosite în domeniul irigațiilor și alimentărilor cu apă (vane volumetrice, diapozitive de injectat îngrășămintă, filtre cu diverse trepte etc.).

Prin concepția sa funcțională și constructivă, sistemul de irigație prin picurare se pretează la un înalt nivel de automatizare. Începerea sau oprirea udării poate fi manuală, programată sau automatizată.

### 1.3.2.2. Elemente de dimensionare a rețelei de irigare prin picurare

#### 1° Considerații generale

Pentru a proiecta o amenajare de irigare prin picurare, trebuie cunoscute în primul rând caracteristicile cadrului natural, de organizare a teritoriului și caracteristicile funcționale ale echipamentului de udare. Dimensionarea rețelei începe de la elementele de udare, în mod asemănător ca și la metodele de udare clasice. Unele studii necesare pentru proiectare necesită o aprofundare deosebită, în special cele referitoare la circulația apei în sol din sursă punctiformă, pentru diverse debite ale picurătorului. De asemenea necesită aprofundarea studiului de organizare a teritoriului, pentru plantațiile ce prezintă rânduri de plante bine delimitate, (distanțe, număr de plante pe rând, lungimi impuse etc.).

Echipamentul de udare la picurare este considerat, în general, a fi compus din: picurătoare, conducte de udare, conducte de distribuție și accesorii. Tipurile de picurătoare ce pot fi folosite sunt impuse și de posibilitățile de procurare. Calculul lungimii și diametrului conductei de udare se bazează pe considerente economice. Pe aceleași criterii se dimensionează și conducta de distribuție. Calculul de echipare a conductei de udare cu picurătoare se face funcție de valoarea exponentului  $r$  din caracteristica picurătorului. În calculul hidraulic conducta de udare și cea de distribuție sunt considerate cu debit uniform distribuit. La lungimi mici de calcul, conducta de distribuție poate fi considerată cu debit concentrat.

#### 2° Calculul conductelor de udare

Stabilirea mărimilor specifice schemei de amenajare este condiționată hotărâtor de lungimea optimă a conductelor de udare. Lungimea acestora depinde de: caracteristicile geometrice și hidraulice ale tuburilor constitutive, debitul picurătoarelor, presiunea disponibilă în secțiunea amonte, panta terenului, uniformitatea udării și pierderea de sarcină admisă.

Unul din principalele criterii de dimensionare îl constituie *pierderea de sarcină admisă*. Valoarea acestora se determină în condițiile nedepășirii diferenței de 10% din debitul nominal pentru picurătoarele din cadrul unei parcele (criteriul Christiansen). Picurătoarea

rele cu autoreglare, având exponentul sarcinii din ecuația caracteristică apropiat de zero, deci un debit aproape constant, permit obținerea unor lungimi de conductă de udare mai mari (tab. 1.10).

**Tabelul 1.10.** Pierderi de sarcină admisibile pe traseul conductă de udare – conductă de distribuție pentru aceeași parcelă

$r$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0
$\frac{\Delta h}{H}$ (%)	11,1	12,5	14,3	10,7	20,0	25,0	33,3	Independent de variația sarcinii

Pierderea de sarcină admisibilă se repartizează în proporție de 55% conductei de udare și 45% conductei de distribuție (Keller, J.).

Lungimea maximă a conductelor de udare este condițională de uniformitatea de distribuție a debitelor, conform ecuației:

$$-\delta_q \leq \frac{q_{am} - q_{av}}{q_{am}} \leq +\delta_q \quad (37)$$

în care:

$q_{am}$  și  $q_{av}$  reprezintă debitele picurătoarelor situate în pozițiile cele mai defavorabile amonte și aval pe conducta de udare;

$\delta_q$  – neuniformitatea tolerată a distribuției debitului (10%).

În ipoteza echipării conductelor de udare, de pantă  $I$ , cu un singur tip de picurător, a cărui caracteristică este de forma ecuației (34), se poate scrie ecuația (37) astfel (Ecaterina Blidaru, M. Luca, I. Bartha):

$$(1 + \delta_q)^{-r} \geq 1 + \frac{I \cdot L - h_r}{H_s} \geq (1 - \delta_q)^{-r}$$

care prin dezvoltare în serie Taylor și neglijând termenii ce conțin pe  $\delta_q$  la puteri supraunitare conduce la:

$$\left| \frac{I \cdot L - h_r}{H_s} \right| \leq \frac{\delta_q}{r} \quad (38)$$

Pierderile de sarcină pe conducta de udare se determină după modelul distribuției continue, care se corectează funcție de numărul picurătoarelor:

$$h_r = C_1 j_a' \frac{L}{3} \quad (39)$$

Pierderile de sarcină totale unitare  $j_a'$  la debitul de alimentare  $Q_a$  se exprimă sub forma:

$$j_a' = j_a \left( 1 + \frac{l_e}{l} \right) \quad (40)$$

iar pierderile unitare liniare de sarcină  $j_a$  sunt descrise de relația:

$$j_a = a Q_a^b D^{-(3+b)} \quad (41)$$

în care:

$\frac{l_e}{l}$  este lungimea echivalentă a pierderilor locale

de sarcină pe conducta de udare;

$Q_a$  – debitul de alimentare al conductei de udare;

$D$  – diametrul interior al conductei de udare;

$a, b$  – parametrii determinanți experimental.

Înlocuind debitul de alimentare cu expresia:

$$Q_a = n \cdot q_p = n \cdot q \quad (42)$$

în care:

$q$  este debitul specific uniform distribuit

în ecuația (38) și ținând cont de ecuațiile (39), (40), (41) rezultă:

$$\left| L \frac{I}{H_s} - \frac{C_1 \cdot a \cdot q^b \left( 1 + \frac{l_e}{l} \right)}{3 \cdot H_s \cdot D^{3+b}} \cdot L^{b+1} \right| \leq \frac{\delta_q}{r} \quad (43)$$

Lungimea maximă a conductei de udare dotată cu un singur tip de picurător, ce respectă toleranța de neuniformitate  $\delta_q$ , se află printre soluțiile ecuației (43), ce respectă condiția  $L \geq L_0$ , în care:

$$L_0 = \frac{3 \cdot I \cdot D^{3+b}}{C_1 a q^b \left( 1 + \frac{l_e}{l} \right)} \quad (44)$$

Rezolvarea ecuației este ușurată prin folosirea unui program de calcul\*.

În cazul când panta terenului în lungul conductei de udare este nulă,  $I = 0$ , ecuația (43) devine:

$$L_0 \leq \left[ \frac{3 \cdot H_s \cdot D^{3+b} \cdot \delta_q}{r \cdot C_1 \cdot a \cdot q^b \left( 1 + \frac{l_e}{l} \right)} \right]^{\frac{1}{1+b}} \quad (45)$$

Rezolvarea ecuației (44) pentru diametre uzuale din PEjd este prezentată în figura 1.52, unde:

$$L_0 = \left[ \frac{3 \cdot H_s \cdot D^{3+b} \cdot \delta_q}{a \cdot q^b} \right]^{\frac{1}{1+b}}$$

Pentru calculul pierderilor de sarcină liniare unitare  $j$ , pentru conductele executate din tuburi de masă plastică, de producție internă, se pot folosi următoarele relații (Bartha, Nicolescu, Popia, 1982):

– pentru tuburi din PEjd:

$$100 j = 0,0248 Q^{1,759} D^{-4,759} \quad (46)$$

– pentru tuburi din PVC-U:

$$100 j = 0,026 Q^{1,756} D^{-4,756} \quad (47)$$

în care:

\* Ecaterina Blidaru, I. Bartha, M. Luca, „Calculul lungimii rampelor la irigarea localizată, pe baza criteriului de uniformitate a udării”, Rev. Hidrotehnica, vol. 22, nr. 1/1982.



$Q$  este debitul vehiculat (l/s);

$D$  – diametrul interior (dm).

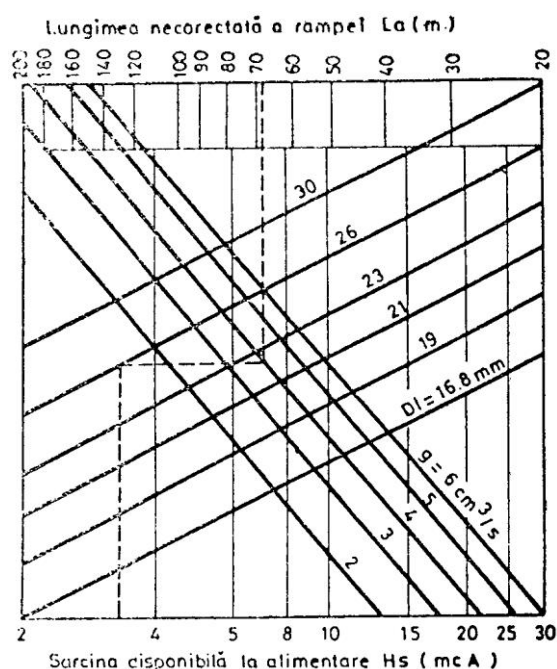


Fig. 1.52. Grafic pentru dimensionarea optimă a conductelor de udare.

### 3° Calculul conductelor de distribuție

Conducta de distribuție alimentează conductele de udare, iar uniformitatea udării depinde de dimensionarea ansamblului format din cele două repere. Criteriul tehnic de dimensionare a ansamblului „conductă de distribuție – conductă de udare” este respectarea neuniformității tolerate a udării pe aceasta, exprimată prin relația (Bartha, Luca, Popia, 1982):

$$\delta_q = \delta_{Qcu} + \delta_{QcD} \quad (48)$$

în care:

$\delta_{Qcu}$  este toleranța udării pe conducte de udare cea mai nefavorabilă de pe ansamblu;

$\delta_{QcD}$  – neuniformitatea distribuției cauzată de conducta de distribuție.

Ansamblul „conductă de distribuție – conductă de udare” poate fi realizat, în principiu, în două variante constructive: cu reglare individuală a presiunii pe fiecare conductă de udare și cu reglarea presiunii pe instalația frontală a conductelor de distribuție. Din punct de vedere tehnic conductele de udare, ca și conductele de distribuție, trebuie să aibă lungimi constante și să fie executate din același material. Conductele de distribuție se execută de obicei din PVC-M și mai puțin din polietilenă de înaltă densitate.

Din punct de vedere al calculului hidraulic, caracteristica tuburilor din PVC-M (STAS 6675-62) este

exprimată prin relația:

$$100j = 0,0213Q^{1,822} D^{-4,822} \quad (49)$$

Tuburile din PVC (atât mediu cât și cel ușor) având lungimi relativ mici), 4-6 m, introduc pierderi de sarcină locale prin modul de îmbinare. Valoarea acestora, exprimată în lungimi echivalente ( $l_e$ ) sunt maxime pentru manșonări ( $l_{e \text{ manșon}} = 0,379$  m), minime pentru niplu ( $l_{e \text{ niplu}} = 0,11$  m), iar pentru mufări la cald  $l_{e \text{ mufă}} = 0,212$  m.

Ușurința de execuție a mutărilor la cald, fără piese de îmbinare, scoate în evidență eficiența acestora chiar dacă pierderea locală de sarcină este relativ mai mare.

În calculul hidraulic al conductelor de distribuție se impun o serie de restricții tehnice. Astfel, o conductă de distribuție, amplasată pe un teren cu panta  $I$ , ce alimentează conducte de udare la echidistanța  $L_r$ , cu debitul  $Q_r$ , trebuie să satisfacă condiția de neuniformitate a udării (ec. 48). Neuniformitatea tolerată a udării se poate traduce prin variația admisă a presiunii pentru ambele variante constructive de principiu a ansamblului „conductă de distribuție – conductă de udare”.

În primul caz, când conductele de udare sunt dotate cu regulatoare de presiune, variația maximă admisă a presiunii pe conducta de distribuție este ecartul de reglaj  $\Delta H_{\max}$  al regulatoarelor, care asigură presiunea de serviciu ( $H_s$ ) a conductelor de udare în intervalul  $H \in H_{\min}, H_{\min} + \Delta H_{\max}$ . De obicei, în proiectare, valoarea  $\Delta H_{\max}$  se diminuează la  $\Delta H$ , pentru a asigura un ecart reglajului manual al presiunii, la alimentarea conductei de distribuție.

În cazul când conducta de distribuție este echipată cu regulator de presiune, se asigură o presiune constantă în secțiunea amonte a acesteia și trebuie satisfăcută relația (48). Se recomandă ca neuniformitatea udării să fie repartizată în proporție de 55% conductelor de udare și 45% conductelor de distribuție (Keller, J.). Variația admisă a presiunii  $\Delta H$  pe conducta de distribuție rezultă în acest caz din ecuația (48):

$$\left| \frac{I \cdot L - h_r}{H_s} \right| = \frac{0,45 \delta_q}{r}$$

sau prin înlocuirea  $I \cdot L - h_r = \Delta H$  (variația admisă a presiunii pe conducta de distribuție),

$$\Delta H = 0,45 \cdot \delta_q \cdot H_s \cdot r^{-1} \quad (50)$$

În calculul de proiectare al conductelor de distribuție se diferențiază două variante, după raportul dintre panta piezometrică  $J$  și panta geometrică a terenului  $I$ . Prin proiectare se determină diametrele, lungimile și punctul de bransament al conductei de distribuție la conducta secundară.

Când condiția

$$\Delta H \geq |h'_{raz} - I \cdot L_{av}| = An' \quad (51)$$

este respectată pentru alimentarea a  $n'$  conducte de udare și nu este satisfăcută pentru  $n + 1$ , respectiv  $j_n < I$  (fig. 1.53).

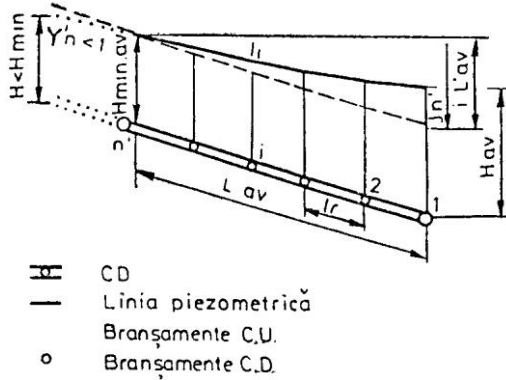


Fig. 1.53. Schema de calcul a conductelor de distribuție pentru  $I > J_n$ .

– conducta de distribuție are față de punctul de bransare o singură ramură în sensul pantei. Acest caz se întâlnește când atât panta terenului, cât și diametrul conductei de distribuție sunt mari, iar panta hidraulică, descrescând spre aval, este totdeauna inferioară pantei terenului.

Când  $\Delta H > A_n$  (panta terenului și diametrul tuburilor conductei de distribuție sunt mici), aceasta are față de bransament două ramuri – în direcția pantei și în contrapantă, dimensionarea efectuându-se pe baza condițiilor (fig. 1.54):

$$\begin{aligned} &\text{– pentru aval: } \Delta H \geq An'' = h'r_{av} - I \cdot L_{av} \\ &\text{– pentru amonte: } \Delta H \geq Bn = hr_{am} - I \cdot L_{am} \end{aligned} \quad (52)$$

Exprimând pierderile de sarcină  $h''_{rav}$  și  $h_{ram}$  în raport cu numărul  $n'' + n'$  de conducte de udare alimentate pe ramura aval și  $n$  pe ramura amonte, ale conductei de distribuție, rezultă:

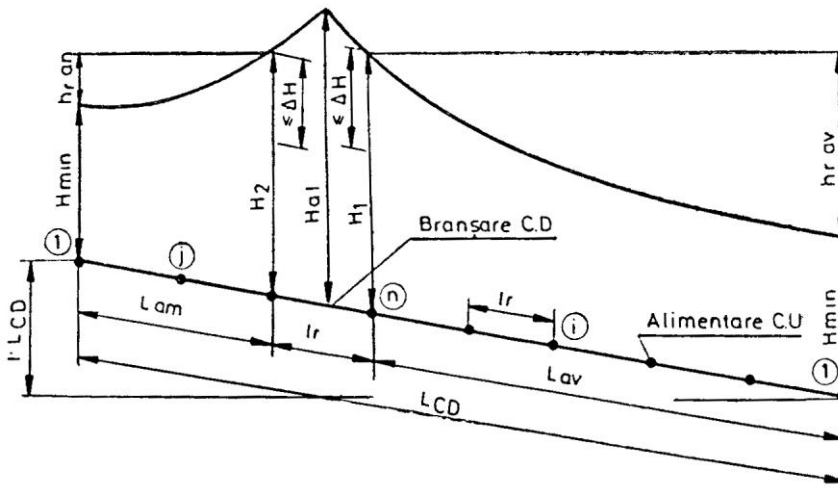


Fig. 1.54. Schema de calcul a conductelor de distribuție pentru  $I \ll J_n$ .

$$\begin{cases} \Delta H \geq An'' = \frac{a \left(1 + \frac{l_e}{L_r}\right)}{D^{3+b+c}} Q_r^b L_r \sum_{n'}^{n''+n'+1} j^b - I \cdot L_r n'' \\ \Delta H \geq Bn = \frac{a \left(1 + \frac{l_e}{L_r}\right)}{D^{3+b+c}} Q_r^b L_r \sum_{j=1}^{n-1} j^b - I \cdot L_r (n-1) \end{cases} \quad (53)$$

în care:

$$n' = \text{Întreg} \left\{ \left[ \frac{I \cdot D^{3+b+c}}{a \left(1 + \frac{l_e}{L_r}\right) Q_r^b} \right]^{\frac{1}{b}} + 1 \right\} \quad (54)$$

Lungimea ramurii aval a conductei de distribuție este:

$$L_{av} = (n'' + n' - 1)L_r \quad (55)$$

iar a ramurii amonte:

$$L_{am} = (n - 1)L_r \quad (56)$$

Lungimea loială a conductei de distribuție este:

$$L_{CD} = L_{am} + L_{av} + L_r = (n'' + n' + n - 1)L_r \quad (57)$$

Pentru reducerea volumului de calcul s-a elaborat un program pe calculator (I. Bartha, M. Luca, A. Popia, în revista Hidrotehnica, 10/182).

## 1.4. IRIGAȚIA BIVALENTĂ, RAȚIONALIZARE ÎN TEHNICA IRIGAȚIILOR

### 1.4.1. TEHNICA IRIGAȚIEI BIVALENTE: PROBLEME, CERINȚE

Irigația de mare randament și productivitate înseamnă: (I. Bartha, V. Blidaru):

- adaptarea sarcinilor de irigare și udare la stadiul de dezvoltare a plantelor (sistem radicular, foliaceu și fenologic) și la dinamica regimului termic și pluviometric;
  - consumuri reduse de materiale energointensive (conducte, agregate ș.a.);
  - consumuri reduse de energie în exploatare;
  - reducerea la minimum necesar a forței de muncă;
  - distribuția automatizată a apei.
- Sigur că acestor parametri prio-

ritari li se mai pot adăuga încă alții impuși de stadiul tehnicii, economiei, aspectele social-demografice etc.

În cele ce urmează referirea „bivalenței” vizează cele două tehnici clasice de irigare, întâlnite pe același teritoriu (parcelă): *aspersiune și brazde*.

Atunci când: se fac udări pentru însămânțare (superficiale), sistemul radicular este puțin dezvoltat, sistemul foliaceu este redus (plantele sunt mici), nu sunt vânturi, este indicată administrarea apei prin *aspersiune*.

Față de situațiile opuse, când udările trebuie să aducă volume mari de apă pentru alimentarea unui strat gros de sol (la udările de aprovizionare și în condițiile sistemului radicular adânc); sau când: udările sunt impuse, sistemul foliaceu dezvoltat, sau când prin udări se completează norma de apă, necesară în profilul solului (chiar după o ploaie, insuficientă ca volum), pentru a aproviziona cu apă profilul pe adâncimea indicată, sau la temperaturi atmosferice ridicate (canicule), la umiditate atmosferică redusă, și la vânturi cu viteze  $v \geq 2 - 3 \text{ m/s}$  etc., care impun ca tehnică de udare udarea prin *brazde*.

Prima condiție a bivalenței este *elasticitatea* în aplicare, pe aceeași parcelă, a diferitelor tehnici de irigare-udare, cu frecvența impusă de parametrii și criteriile de mai sus.

Bivalența nu trebuie delimitată la două etape, ca de exemplu:

- prima, când sistemul radicular este redus, la *aspersiune*;
- a doua, când sistemul radicular este dezvoltat, la udarea pe *brazde*.

Bivalența este condiționată și de alte criterii și de aceea nu este exclusă situația ca după *aspersiune*, prima udare, a doua să fie udarea pe *brazde*, și în continuare să se înscrie alternanțe de tehnici de udare prin *aspersiune* și prin *brazde*, după cum complexitatea factorilor fiziologici (plante), pedologiei și climatici o dictează.

La aceștia se va adăuga și factorii *forță de muncă* și *energie*, adesea deficitari.

Introducerea de până aici are rolul de a fixa noțiunea de „*elasticitate*” a irigației bivalente, care reprezintă de fapt și superioritatea sa față de toate celelalte tehnici de irigare, *unilaterale* în funcționare-exploatare.

Argumentația de mai sus este suficientă pentru a înscrie superioritatea bivalenței, dar dacă baza sa materială și condițiile de exploatare sunt de natură să dubleze, sau chiar numai să sporească cheltuielile de construcții-montaj și de exploatare, față de celelalte tehnici, atunci devine prohibitivă.

Sigur că tehnica irigației nu a fost scutită nici de situații când, pentru a se asigura bivalența, au fost echipate amenajările (pe un sector de exemplu) cu in-

stalații, conducte și echipamente duble, când în structura stației de pompare apăreau și agregate de presiune ridicată, pentru *aspersiune*, alături de agregate cu presiune joasă, pentru *brazde*; idem în tranșeele în care se pozau conductele, se întâlneau și conducte de presiune ridicată, pentru *aspersiune* și de joasă presiune, pentru *brazde* etc.

Argumentația făcută are rolul de a sublinia asemenea situații, care pot conduce la costuri inadmisibile ale produselor obținute.

Studiile și analizele întreprinse (I. Bartha, 1986) urmăresc realizarea soluției unitare, de bivalență, adică realizarea ambelor tehnici de udare, cu aceeași „*elasticitate*”, din rețele unice de conducte, fără dublarea conductelor sau echipamentelor.

În cele ce urmează se prezintă condițiile de aplicare a irigației bivalente și modalitățile ei de realizare tehnică, cu exemplificări de pe plan internațional și național.

În analizele următoare se utilizează noțiunea: „*grad de bivalență*”, definită prin raportul suprafeței udate prin *brazde* și suprafața totală a amenajării. Gradul de bivalență condiționează atât elementele de dimensionare, cât și economicitatea amenajării.

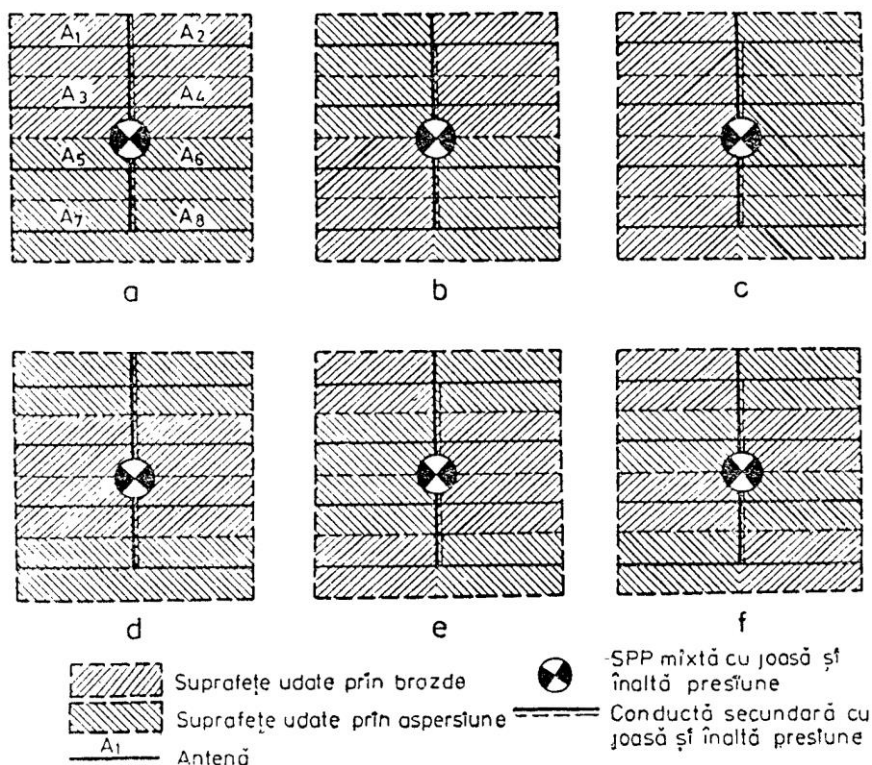
## 1.4.2. SOLUȚII PENTRU REALIZAREA IRIGAȚIEI BIVALENTE

Amenajările bivalente sunt controversate chiar în țări cu tradiție în irigații; o tendință arată că fiecare metodă clasică de udare în parte poate completa deficitul de umiditate (Franța), iar alta (Italia) susține că o rețea trebuie să fie suficient de maleabilă irigației bivalente. Sectorul de proiectare din România definește bivalența ca o posibilitate de rotire anuală a celor două metode clasice de udare pe teritoriu amenajat (fig. 1.55). Deficiența acestei soluții constă în faptul că exclude folosirea ambelor metode de udare pe aceeași suprafață într-un sezon de irigare, impune amplasarea culturilor în câteva variante, dublează parțial rețeaua și stația de pompare și nu ține seama de eventuala modificare a planului de cultură.

O tehnică de irigare bivalentă înaintată permite folosirea atât a udărilor prin *brazde*, cât și prin *aspersiune* pe tot perimetrul amenajat, fără restricții de spațiu și timp, ceea ce se poate realiza prin stabilirea unei concepții judicioase asupra bivalenței, care răspunde tehnic, energetic și economic la cerințele moderne.

### 1.4.2.1. Scheme de realizare a amenajărilor bivalente

Amenajările de irigare bivalentă pot fi realizate cu rețele deschise (canale, jgheaburi), rețele închise (de conducte sub presiune) sau în sistem combinat (I. Bar-



**Fig. 1.55.** Modalități de amplasare a culturilor pentru irigare bivalentă cu grad 50% (soluție I.S.P.I.F.).

tha). Toate schemele analizate folosesc echipamente mobile caracteristice celor două metode de udare în cantități determinate în funcție de gradul de bivalență și de organizare a udărilor.

### 1° Amenajarea bivalentă cu rețea deschisă (fig. 156 a)

Asigură gravitațional prin cota dominantă a nivelului de canal (jgheab) presiunea în echipamentul mobil de alimentare a brazdelor, iar sarcina pentru udare prin aspersiune se asigură prin pomări locale cu agregate mobile (termice sau electrice). Distanța dintre canalele (jgheaburi) distribuitoare de ultimul ordin depinde de lungimea tehnic posibilă sau economică a elementelor de udare, iar densitatea lor poate prezenta factorul prohibitiv, limitativ la o analiză economică comparativă între variante.

### 2° Amenajarea bivalentă cu antene monofilare (fig. 156 b)

Este similară amenajărilor prin aspersiune de acest gen, însă antenele sunt prevăzute cu hidranți bivalenți, alimentarea lor se realizează pentru cele două trepte de presiune, specifică fiecărei metode de udare în parte. Irigarea prin aspersiune se asigură

cu agregate de pompare semistaționare (RDN), iar presiunea pentru brazde gravitațional, sau prin ridicare mecanică.

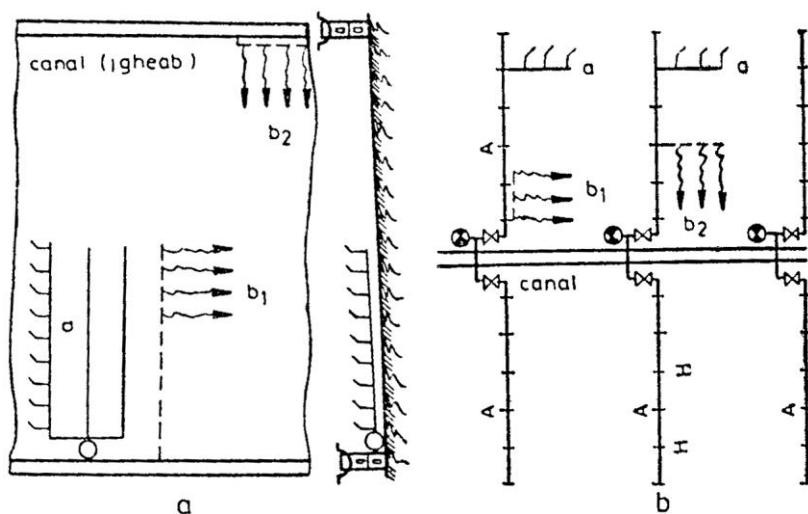
Irigarea bivalentă în această soluție poate fi avantajoasă economic când condițiile topografice permit alimentarea gravitațională a antenelor pentru udarea pe brazde. Inconveniențele acestor amenajări constau în pomările locale, necesitatea liniilor electrice în lungul canalului, canalul distribuitor scoate din circuit suprafețe apreciabile. Cantitatea de conductă specifică este inferioară față de rețelele de conducte.

### 3° Amenajări de irigații bivalente cu rețele de conducte sub presiune

Se diferențiază în funcție de nivelul la care se asigură bivalența (antena sau hidrant) și presiunea care trebuie asigurată la alimentarea rețelei. Rețelele de conducte – cu instalațiile și echipamentele aferente – pentru iri-

garea bivalentă pot fi concepute astfel:

- |  |   |                                 |
|--|---|---------------------------------|
| Plot bivalent<br>cu rețea de<br>conducte | • amenajare<br>cu rețea<br>unică de<br>conducte | – de joasă presiune             |
|  |   | – de înaltă presiune            |
|  | • amenajare<br>cu rețea<br>dublă de<br>conducte | – cu două trepte de<br>presiune |
|  |   | – rețea dublată parțial         |
|  |   | – rețea dublată integral        |



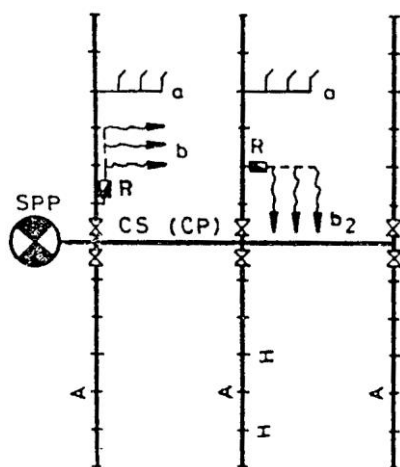
**Fig. 1.56.** Amenajare bivalentă pentru irigații: a) cu canale; b) cu antene monofilare.

a) *Amenajarea bivalentă cu rețea unică de joasă presiune* permite udarea prin brazde datorită existenței unei presiuni în rețea – creată centralizat – care satisface această metodă de udare. Treapta de presiune specifică brazdelor se asigură gravitațional sau prin ridicare mecanică. Presiunea necesară irigației prin aspersiune se realizează prin pompări locale, la nivelul hidranților (a) sau antenelor (b) în funcție de nivelul la care se asigură bivalența (fig. 1.57 a, b).

Pentru asigurarea bivalenței la nivelul hidranților, rețeaua fixă se realizează pentru presiunile specifice udărilor pe brazde. Aspersiunea necesită pompări locale, cu agregate mobile, apa fiind prelevată din antene.

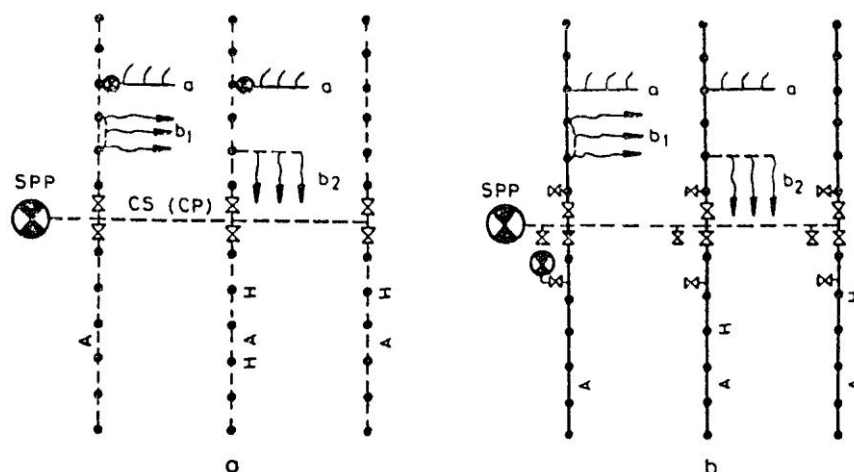
Când bivalența se asigură la nivelul antenelor, pompările locale au loc între conducta secundară și antenă, cu agregate semistaționare. Antenele trebuie să reziste la presiunile specifice aspersiunii, iar CS-ul la treapta de presiune a brazdelor. Dezavantajele acestei amenajări sunt pompările locale, cu randamente reduse și personal de exploatare numeros.

b) *Amenajarea bivalentă cu rețea unică de înaltă presiune* (fig. 1.58), satisface sarcina necesară pentru aspersiune și condiția de debit cea mai nefavorabilă. Față de rețeaua cu joasă presiune gabaritele rețelei sunt mai mici, se elimină pompările locale, însă aplicarea udărilor prin brazde necesită dispariția presiunii la hidrant, pe traseu sau la ieșirea apei la brazdă. Energia consumată pentru irigarea bivalentă în acest caz este superioară chiar aspersiunii (V. Dobre și colab., 1986).



**Fig. 1.58.** Plot bivalent cu rețea unică de conducte de înaltă presiune.

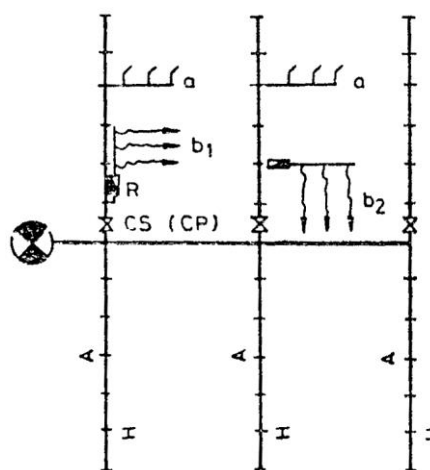
c) *Amenajarea bivalentă cu rețea unică în două trepte de presiune* (fig. 1.59) se dimensionează pentru



**Fig. 1.57.** Plot bivalent cu rețea unică de joasă presiune: a) cu pompări la nivelul hidranților; b) cu pompări la nivelul antenelor.

presiune înaltă, cu posibilitatea de folosire și la presiune mică. Alimentarea rețelei se realizează cu două trepte de presiune, specifică celor două metode de udare folosită în cadrul irigației bivalente. Udările prin aspersiune și brazde trebuie să fie decalate în spațiu pe semploturi, sau în timp pe diverse perioade, sau și în timp și în spațiu. Consumul energetic în acest caz este minim, alimentarea rețelei și crearea presiunii se realizează centralizat. Este mai avantajoasă soluția prin care bivalența se realizează prin decalarea în timp a udărilor pe metode, față de decalarea în spațiu sau decalări și în spațiu și în timp, rezultând dimensiuni optime ale rețelei și consum de energie strict necesar.

Rețeaua de conducte și stația de alimentare trebuie astfel concepute încât să nu existe posibilitatea folosirii concomitente a celor două trepte de presiune pe o rețea.



**Fig. 1.59.** Plot bivalent cu rețea unică de conducte în două trepte de presiune.

d) *Amenajarea bivalentă cu rețea dublată parțial* (fig. 1.60) permite irigarea prin ambele metode, folosind o singură stație de alimentare cu două trepte de

presiune. Rețeaua este dublată parțial, pentru conductele principale și secundare (care se dimensionează ca atare), iar antenele unice trebuie dimensionate pentru debitul și presiunea maximă, rezultate din caracteristicile celor două metode de udare. Presiunea necesară în antene, funcție de metoda de udare folosită, se asigură prin „joc de vane” la nodurile de distribuție. Bivalența în acest caz se asigură la nivelul antenei, sau dacă se folosește și decalarea pe perioada udărilor, pe metode, la nivelul hidranților. Dezavantajul amenajării constă în faptul că se dublează parțial rețeaua, se folosesc noduri de distribuție complicate, puterea instalată în stație la alimentarea rețelei prin ridicare mecanică este mare, ceea ce implică condiții economice nefavorabile și dificultăți în exploatare.

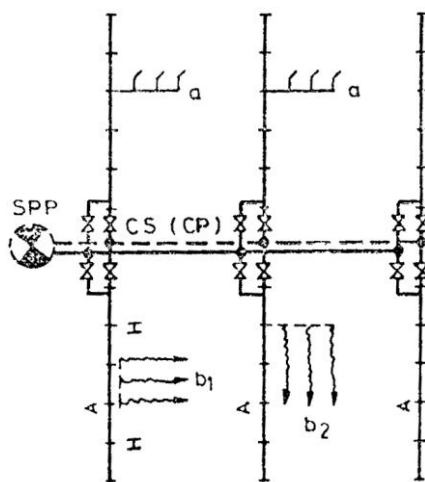


Fig. 1.60. Plot bivalent cu rețea dublată parțial.

e) Amenajarea bivalentă cu rețea integral dublată (fig. 1.61) permite aplicarea irigației bivalente la nivelul hidranților, fără nici o restricție. Conductele rețelei și stația de pompare se dimensionează astfel încât să existe posibilitatea irigației prin ambele metode a suprafeței amenajate, conform gradului de bivalență.

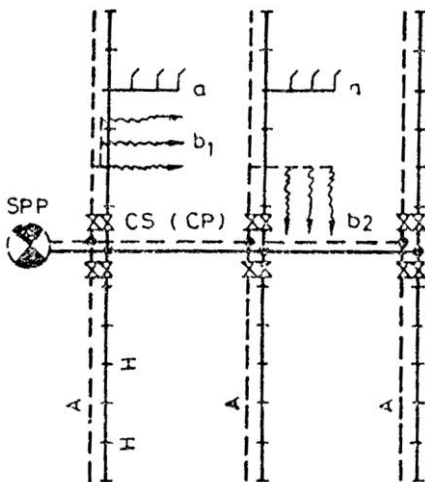


Fig. 1.61. Plot bivalent cu rețea dublată integral.

În această concepție irigarea bivalentă se asigură prin suprapunerea a două rețele monovalente, dimensionate în ipoteza condițiilor impuse de bivalență. Atât puterea instalată cât și investițiile în rețea sunt ridicate, deși energia consumată este optimă și flexibilitatea amenajării maximă.

În privința modului de alimentare a rețelei bivalente se disting: alimentarea prin ridicare mecanică, gravitațională și mixtă. Schemele de realizare a irigației bivalente din rețelele de conducte, prezentate la punctul 3°, s-au referit în special la situația când alimentarea rețelei se realizează prin pompare, însă există și posibilitatea alimentării gravitaționale sau mixte, când aducțiunea are cotă dominantă asupra teritoriului de amenajat, cum este cazul în cadrul „Schemei sistemului național de irigații nr. 4 Iași”, în soluția schemei hidrotehnice gravitaționale și cu producere de energie (v. cap. 2.4) și [8]

#### 1.4.2.2. Exemple de rețele bivalente

Pe plan mondial se remarcă folosirea irigației bivalente în Algeria și Italia.

a) Sistemul Chélif-Milian (Algeria), cu suprafața de 9.000 hectare, satisface irigarea bivalentă prin pompare la cote piezometrice diferite la capătul amonte al rețelei. Presiunea diferențială este asigurată de două rezervoare situate la o diferență de cotă de circa 10 m (fig. 1.62). Rezervorul  $R_1$  asigură presiunea de 5-6 daN/cm<sup>2</sup>, satisfăcând aspersiunea pentru o parte a rețelei, pe când rezervorul  $R_2$  asigură presiunea udărilor pe brazde.

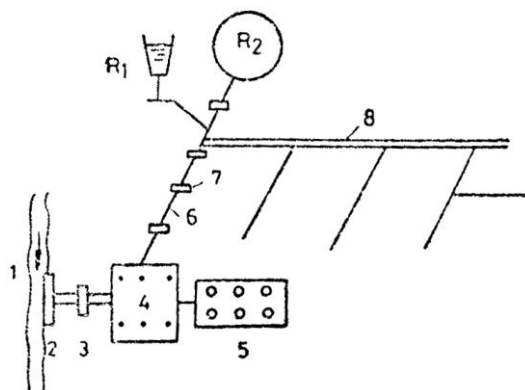


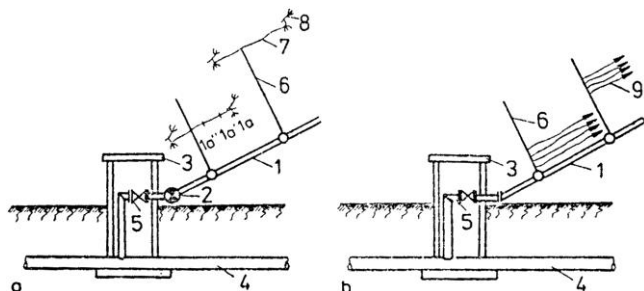
Fig. 1.62. Ansamblu frontal al sistemului Chélif-Milian:

- 1 – sursă; 2 – priză; 3 – filtre; 4 – stație de pompare;
- 5 – rezervor cu pernă de aer; 6 – conductă de reîncălzire;
- 7 – instalație de siguranță și control; 8 – rețea de conducte;
- $R_1$  – castel de apă;  $R_2$  – rezervor în săpătură.

Rețeaua de conducte este realizată în schema ramificată, cu conducte principale și secundare îngropate și antene îngropate sau supraterane.

Pentru o parte din suprafața amenajată irigarea bivalentă este asigurată prin cele două rezervoare din

capătul amonte al rețelei, situate la cote diferite. Pe restul suprafeței presiunea necesară brazdelor se asigură prin rezervorul  $R_2$ , antenele supraterane fiind racordate prin intermediul căminelor la conducta principală. La irigarea prin aspersiune, între conducta principală și antenă se interpune un agregat de pompare semistaționar (fig. 1.63).



**Fig. 1.63.** Schema de alimentare a antenelor pentru:  
a) aspersiune; b) brazde: 1 – antenă supraterană; 2 – agregat de pompare semistaționar; 3 – cămin de vană; 4 – conductă principală; 5 – robinet; 6 – aripă de aspersiune sau echipament pentru brazde; 7 – furtun flexibil; 8 – aspersor; 9 – brazde.

b) *Amenajarea Fortore – Italia.* În Italia centrală și de sud s-a amenajat complexul de irigații de 120 mii hectare, alimentate din lacurile de acumulare de pe râul Fortore. Lucrarea este deosebit de avantajoasă în schema realizată, având la bază concepția irigației bivalente la cerere. Complexul este împărțit în districte de 2.000-7.000 hectare, care corespund organizării asociațiilor agricole. Aducțiunea este administrată separat, iar districtele – cu rețele de conducte proprii – se autogospodăresc. Fiecărui district i se asigură apa la parametrii de presiune, debit și calitate contractată. Aducțiunea, cu lungimea de 83,5 km, este realizată din țevi de oțel ( $D_n = 500-1.000$  mm) și azbociment ( $D_n = 250-500$  mm, 27,1 km). Ea este dimensionată pentru debitul specific

0,58 l/s ha, respectiv norme de irigare de 4.100 m<sup>3</sup>/ha.

Districtul 9, cu suprafața de 6.767 hectare, se irigă bivalent și este împărțit în 78 sectoare de 80-90 hectare. Fiecărui sector i se asigură debitul de 5 l/s la cerere, cu presiunea de 2,5 daN/cm<sup>2</sup> și 31 l/s prin rotație, la presiunea atmosferică. Rețeaua proprie a districtului are lungimea de 319,2 km și este realizată din conducte de azbociment ( $D_n = 125-250$  mm).

Amenajarea interioară a sectoarelor este diferențiată pentru treapta de joasă presiune, alimentarea elementelor de udare prin scurgere la suprafață (brazde, fâșii etc.) poate fi realizată cu conducte mobile sau canale provizorii. Hidrantul bivalent se compune din bransamentul aripilor de aspersiune (cu 1-4 racorduri) și un cămin de alimentare al canalelor provizorii sau conductelor de udare prin scurgere la suprafață (fig. 1.64). Este necesar de subliniat că elemente provizorii deschise, gen canal provizoriu de irigație, sunt alimentate din rețele de conducte de joasă presiune. Se subînțelege că alimentarea sectoarelor se realizează prin două rețele distincte, de medie și de joasă presiune.

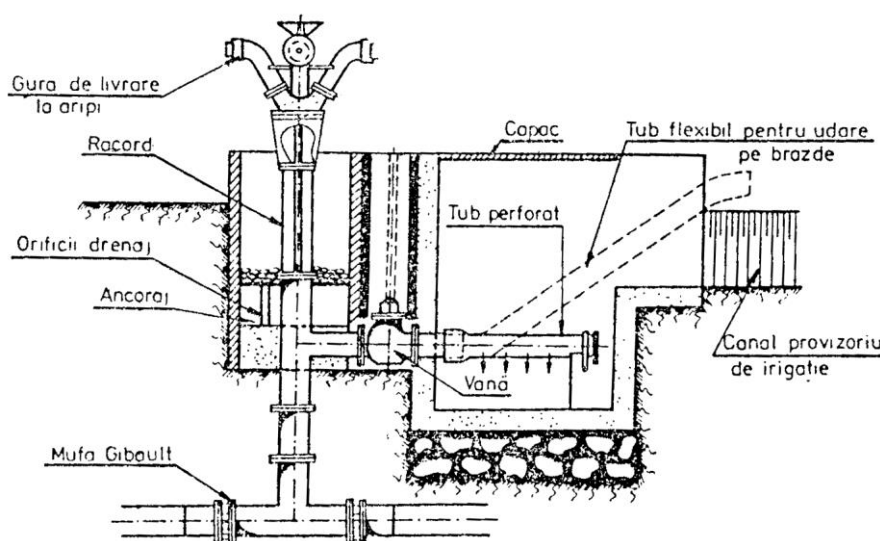
Tot în Italia se practică modernizarea sistemelor vechi de irigație, cu elemente de transport deschise, prin tubarea acestora și trecerea la irigarea bivalentă.

În țara noastră s-au conceput (I.S.P.I.F și I.P.T.) amenajări de tip bivalent în perimetrele: Rașova-Vederoasa, Ialomița-Călmățui, Câmpia Buzăului, Lunca Prutului (jud. Iași), Terasa Brăilei, Sarichioi (Tulcea) etc.

Irigarea bivalentă cu rețea monofilară (Rașova-Vederoasa, Trifești-Sculeni) se realizează la nivelul antenelor, folosind la alimentarea lor grupuri de pompare semistaționare cu presiuni caracteristice celor două metode de udare. Unde condițiile de relief permit, treapta de presiune pentru brazde se realizează gravitațional din canal.

Ploturile bivalente deservite de rețele de conducte au fost concepute în schemă ramificată, cu alimentare centralizată în două trepte de presiune, cu dublarea conductelor principale și secundare, respectiv asigurarea irigației bivalente la nivelul antenelor (fig. 1.65).

Nodurile de distribuție la antenele rețelei (fig. 1.66) sunt complicate și favorizează apariția unor eventuale confuzii la distribuție. Irigarea bivalentă a fost concepută cu rotația anuală a metodelor de udare pe antene, ceea ce impune amplasarea culturilor pe suprafața plotului și în funcție de gradul de bivalentă. Aceste condiționări preimpuse pot fi ignorate de beneficiari.



**Fig. 1.64.** Bransament mobil în amenajarea Fortore



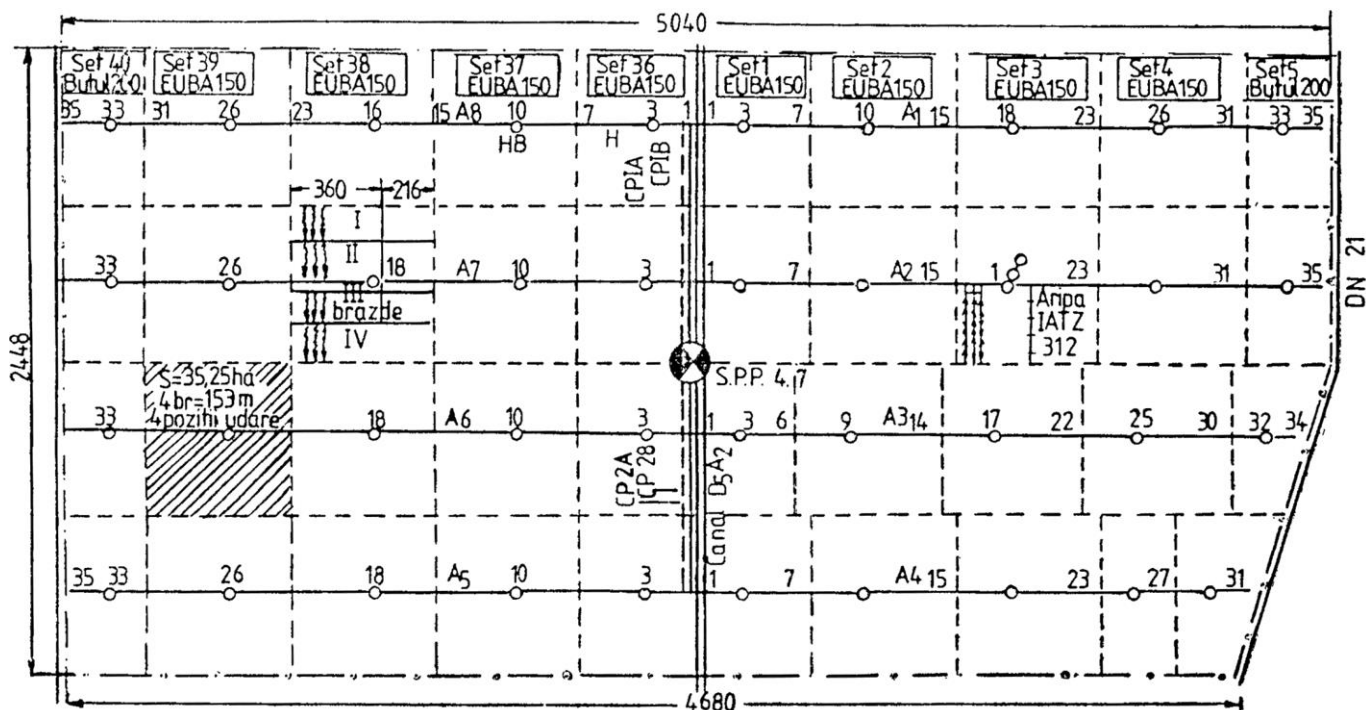


Fig. 1.65.

Amenajări asemănătoare se regăsesc și în jud. Iași, alimentate din râul Prut (fig. 1.67).

Amenajările din Câmpia Buzăului și Covurluiului folosesc scheme de realizare asemănătoare irigației bivalente, prin dublarea conductelor de ordin superior și folosirea nodurilor de distribuție complicate ale antenelor (fig. 1.68).

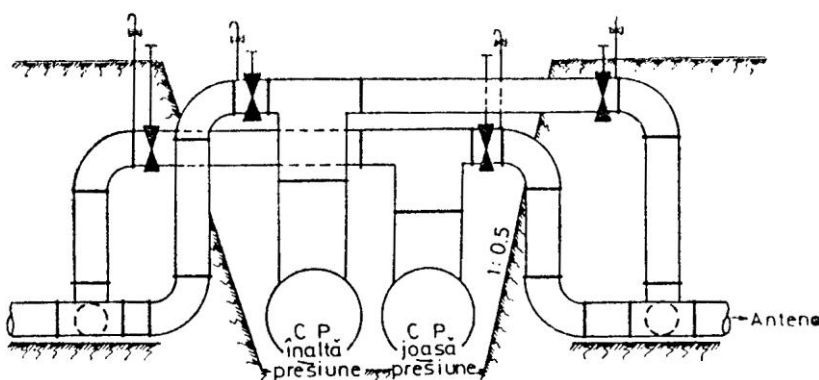


Fig. 1.66. Schema unui nod de distribuție în perimetrul irigabil Ialomița-Călmațui.

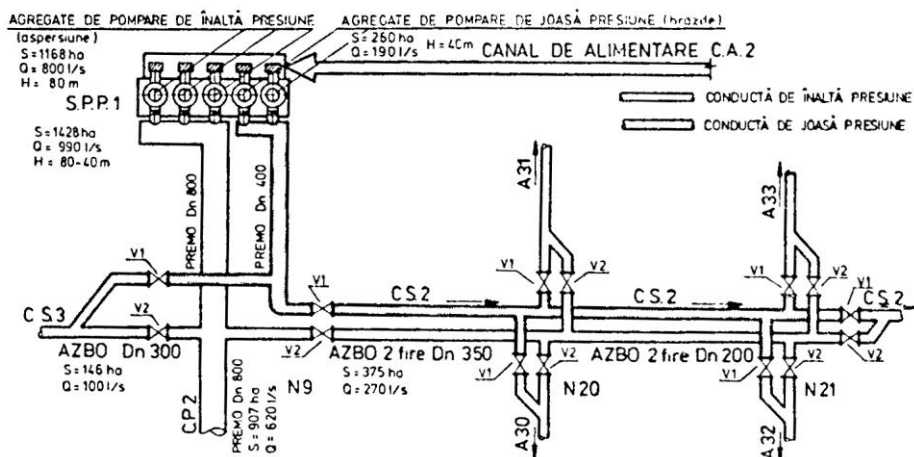
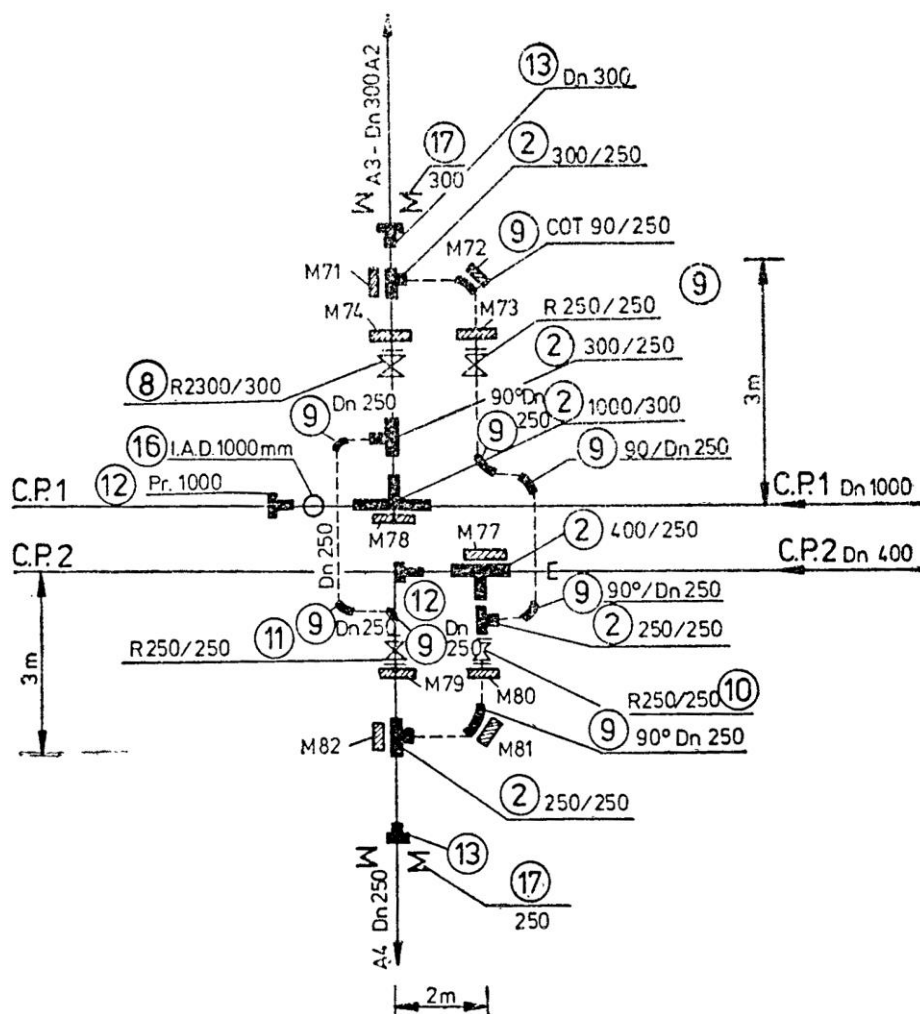


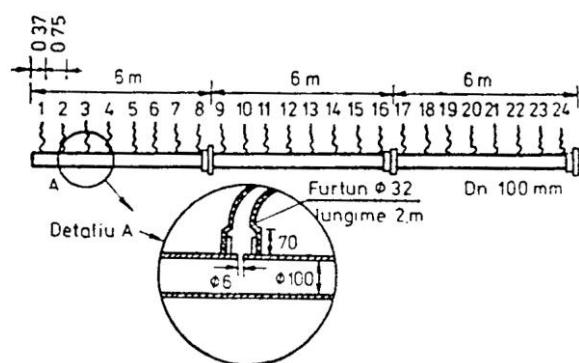
Fig. 1.67. Schema de realizare a irigației bivalente în sistemul Sud-Soloneț

Modernizarea unor sisteme de irigații în Terasa Brăilei, prin trecere la irigarea bivalentă, folosesc rețeaua unică de conducte cu înaltă presiune, existente, pentru aspersiune, alimentarea echipamentelor mobile pentru brazde fiind realizată prin intermediul reductoarelor de presiune, deci disipare de energie.

O altă propunere, generalizată, de irigare prin brazde în pături de aspersiune, cu modificări minime ale rețelei existente, este alimentarea a 48 brazde (în două fronturi) din echipamentul mobil de aspersiune, la care 6 tuburi sunt perforate. Perforațiile sunt, de 6 mm diametru, la 75 cm echidistanță (21 de orificii pe trei tuburi ale echipamentului), cărora li se atașază furtune flexibile de  $\varnothing 32$  mm, cu lungimea de 2 m. Furtunele se mușează de pe ștuțuri de aluminiu  $\varnothing 32$  mm, sudite pe tuburi (fig. 1.69).



**Fig. 1.68.** Schema unui nod de distribuție la irigația bivalentă în Câmpia Covurlui:  
2 – ramificație simplă; 8 – robinet; 9 – cot; 10 – robinet; 11 – robinet; 12 – ștuț cu cap drept; 13 – ștuț cu cap drept; 16 – aerisire-dezaerisire; 17 – manșon tip Gibault; M – masiv ancoraj.



**Fig. 1.69.** Echiparea tuburilor echipamentului de aspersiune pentru udarea prin brazde.

Aceste orificii cu furtun, la presiunea de regim din rețeaua fixă pentru aspersiune, asigură debitul de circa 0,5 l/s, existând posibilitatea distribuției pe brazdă cu debit inițial de 0,5; 1,0 și 1,5 l/s și debitul de regim de 0,5 l/s, prin mutarea furtunurilor pe brazde.

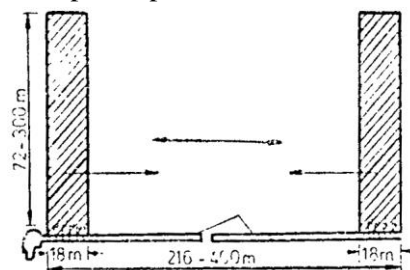
Durata de udare, pe brazde de 210 m lungime,

pentru o normă de 750 m<sup>3</sup>/ha, este de circa 7 ore. Se prevede, udarea pe două fronturi pe o instalație (fig. 1.70), rezultând că doi udători pot deservi trei instalații, având o productivitate zilnică de 2,34 ha/zi om, față de aspersiune cu 0,7-1,0 ha/zi om.

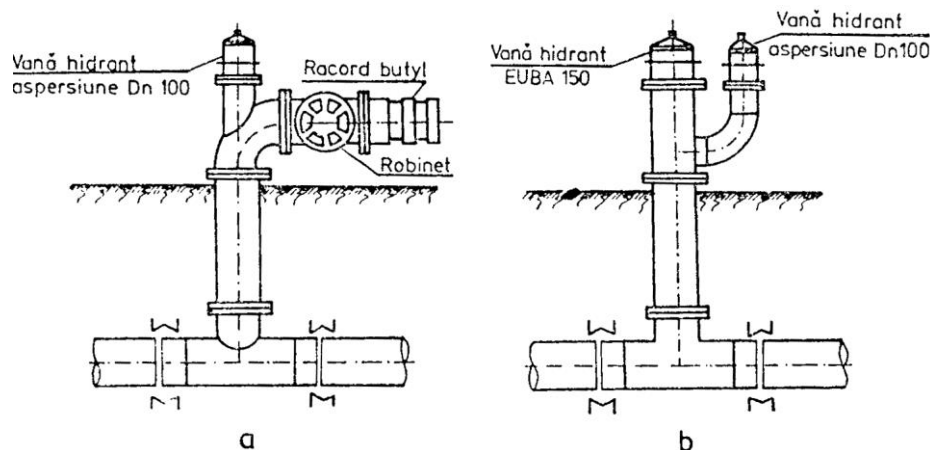
Neajunsul soluției constă în consumul de energie, care poate fi chiar mai mare decât în cazul aspersiunii, datorită randamentului mai redus al folosirii apei la udarea pe brazde.

În proiectul de modernizare a sistemului Sarichioi (Tulcea), pentru prima dată s-a prevăzut irigarea bivalentă prin decalarea în timp a udărilor pe metode, în intervalul unei zile. Bivalența în acest mod se poate realiza pentru orice grad, la nivelul hidrantului, folosindu-se rețeaua unică existentă, în timpul zilei se asigură irigarea prin brazde, iar noaptea, un ciclu de aspersiune. La începutul perioadei de vegetație întreaga suprafață se poate uda prin aspersiune. Modificări interven în organizarea udărilor, în dotarea beneficiarilor (cu echipament mobil pentru irigarea pe brazde) și în componența stației de pompare, totodată fiind necesară nivelarea capitală. O parte

din agregatele de pompare din stație se înlocuiesc conform debitelor pentru brazde și aspersiune, realizându-se fracționarea presiunilor pe metode de udare. Alimentarea cu energie electrică a mașinilor se realizează prin comutarea separată, astfel ca să nu existe posibilitatea folosirii concomitente a pompelor care deservesc trepte diferite de presiune. Prin pompare la sarcini diferite se reduce consumul de energie față de irigarea numai prin aspersiune.

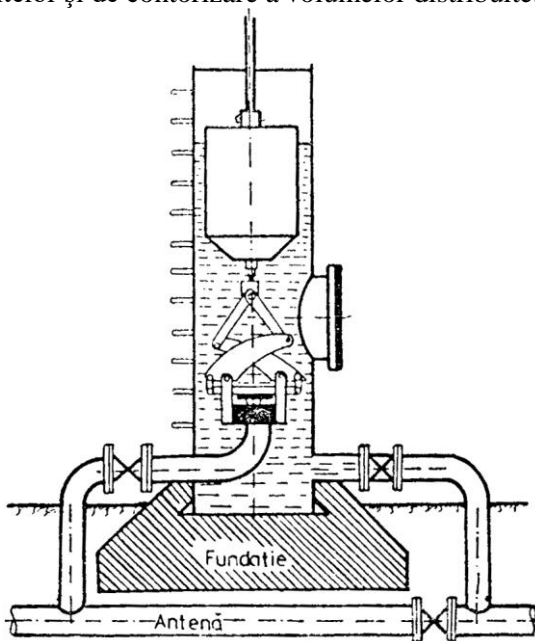


**Fig. 1.70.** Schema de organizare a udărilor pe brazde echipamentul de aspersiune modificat.



**Fig. 1.71.** Hidrant bivalent: a – pentru set din cauciuc butyl;  
b – pentru echipament EUBA-150.

Armăturile specifice irigației bivalente, în soluția de mai sus, sunt reprezentate de hidranți (fig. 1.71) și, eventual, regulatoarele de presiune (fig. 1.72). Irigarea bivalentă implică însă necesitatea folosirii „*bornelor de irigație*” cu rol de reglare a presiunii, limitarea debitelor și de contorizare a volumelor distribuite.



**Fig. 1.72.** Regulator de presiune cu cameră de echilibru pe antena bivalentă.

#### 1.4.3. IRIGARE BIVALENTĂ DIN REȚEA UNICĂ DE CONDUCTE ÎN DOUĂ TREPTE DE PRESIUNE, FUNCȚIONÂND PRIN DECALAREA DIURNĂ A UDĂRILOR, PE METODE

Din punct de vedere organizatoric, tehnic, energetic și economic este avantajoasă irigarea bivalentă din rețele de conducte cu două trepte de presiune.

Această concepție presupune decalarea în timp a udărilor pe metode. Decalarea în timp se poate realiza pentru diferite perioade de timp, însă cea pe perioada unei zile (24 ore) asigură o serie de avantaje, ca: îmbunătățirea randamentului de utilizare a rețelei, reducerea puterii absorbite și a consumului energetic la alimentarea prin pompare a rețelei, se poate asigura bivalența la nivelul hidranților, restricțiile impuse, amplasării culturilor sunt minime. Cu condiția respectării gradului de bivalență și pe antene, ceea ce impune raportul suprafe-

țelor cultivate în rânduri rare, și suprafața deservită de antenă, se poate determina un grad de bivalență, care poate conduce la randamentul de utilizare a rețelei apropiat de unitate, implicit se micșorează debitele de dimensionare.

Amenajări de irigare bivalente se pot realiza prin modernizarea celor de aspersiune monovalente existente și amenajări noi concepute și dimensionale în această ipoteză.

##### 1.4.3.1. Rolul decalării diurne a udărilor pe metode și avantajele acestora

Decalarea diurnă a udărilor pe metode permite folosirea ambelor tehnici de irigare în decurs de 24 ore, chiar pe suprafața deservită de același hidrant, eliminându-se pe bună parte restricțiile impuse amplasamentului planului de cultură pe suprafața plotului.

Irigarea prin scurgere la suprafață necesită control permanent, al distribuției și conducerii apei pe brazde și de aceea trebuie folosită zi lumină (orele 6-20), iar aspersiunea noaptea. Udarea pe brazde din timpul zilei elimină neajunsurile aspersiunii, creează un microclimat favorabil prin reducerea temperaturilor și creșterea umidității relative ale aerului din timpul zilelor însorite, caniculare. Udarea prin aspersiune noaptea, pe lângă creșterea randamentului de utilizare a rețelei, apropie caracteristicile ploii artificiale de a celei naturale prin: lipsa insolației în timpul ploii, frecvența și tăria vântului mai mică, pierderi de apă prin evaporare mai mici decât ziua, lentilele de picături pe aparatul aerian al plantelor se pot asimila cu rouă, care se evaporă până la insolația puternică din timpul zilei și nu dăunează plantelor. Aspecte criticabile ale udărilor de noapte prin aspersiune se referă la dificultatea controlului funcționării aripilor. Mutarea aripilor de aspersiune, punerea lor în poziție de lucru și începerea udărilor pe lumina zilei poate asigura remedierea de-

fecțiunilor și obținerea unei calități bune a ploii artificiale. Chiar și soluțiile actuale ale amenajărilor monovalente de aspersiune prevăd un ciclu de udare noaptea.

Primăvara, la începutul perioadei de vegetație, când înrădăcinarea și grosimea stratului de sol explorat este mică, respectiv normele de udare sunt mici, întreaga suprafață se poate iriga numai prin aspersiune, care asigură uniformitatea distribuției în cazul normelor de udare mici.

Pe suprafețele unde presiunea caracteristică ploii artificiale este realizată și de treapta pentru brazde se poate folosi aspersiunea necondiționat și în perioada consumului maxim.

#### 1.4.3.2. Gradul optim de bivalență

Realizarea unor amenajări de irigații bivalente cât mai avantajoase din punct de vedere energetic și economic presupune determinarea gradului optim de bivalență, astfel ca randamentul de utilizare în timp a rețelei să fie cât mai mare, în cazul ideal să fie unu. Determinarea unui grad optim de bivalență impune limite planului de cultură în legătură cu suprafața ocupată de plantele care se udă prin brazde, respectiv aspersiunea în perioada consumului maxim. Creșterea randamentului de folosire în timp a rețelei implică reducerea debitelor de calcul și, implicit, gabaritele rețelei.

Se presupune că în luna cu consum maxim norma lunară (ca medie ponderată) este  $\sum_{\text{lună}} m$ . Din suprafața totală  $S$ ,  $S_b$  se udă prin brazdă, rezultând gradul de bivalență:

$$G = \frac{S_b}{S} = \frac{S_b}{S_b + S_a} \quad (58)$$

Înmulțind și împărțind (58) cu  $\sum_{\text{lună}} m$  rezultă volumele lunare nete distribuite prin brazde și aspersiune.

$$G = \frac{W_{\text{net } b}}{W_{\text{net } b} + W_{\text{net } a}} = \frac{1}{1 + \frac{W_{\text{net } a}}{W_{\text{net } b}}} \quad (59)$$

Știind randamentul udării în câmp, diferențiate pe brazde  $\eta_{ub}$  și aspersiune  $\eta_{ua}$  se obțin volumele de apă lunare brute care se distribuie prin cele două metode de udare.

$$W_a = \frac{W_{\text{net } a}}{\eta_{ua}} \quad (60)$$

$$W_b = \frac{W_{\text{net } b}}{\eta_{ub}}$$

Randamentul de folosire în timp a rețelei este maxim când debitele distribuite rețelei pentru cele două metode sunt egale, deci:

$$Q = \frac{W_a}{t_a} = \frac{W_b}{t_b} = \frac{W_{\text{net } a}}{\eta_{ua} \cdot t_a} = \frac{W_{\text{net } b}}{\eta_{ub} \cdot t_b} \quad (61)$$

în care:

$t_b$  și  $t_a$  sunt timpii afectați dintr-o zi udărilor pe brazde, respectiv aspersiune.

Din relația 61 se obține:

$$\frac{W_{\text{net } a}}{W_{\text{net } b}} = \frac{\eta_{ua} \cdot t_a}{\eta_{ub} \cdot t_b} \quad (62)$$

care, reînlocuit în (59), stabilește gradul de bivalență pentru folosirea optimă în timp a rețelei

$$G_{\text{optim}} = \frac{\eta_{ub} \cdot t_b}{\eta_{ub} \cdot t_b + \eta_{ua} \cdot t_a} \quad (63)$$

Presupunând  $\eta_{ua} = 0,9$  și  $\eta_{ub} = 0,8$  pentru diverși timpi de udare pe brazde și aspersiune rezultă gradul optim de bivalență și randamentul de utilizare în timp a rețelei din tabelul 1.11.

**Tabelul 1.11.** Gradul de bivalență optim și randamentul utilizării în timp a rețelei  $\frac{G}{\eta_t}$

$t_{ub}$ (ore) \ $t_{ua}$ (ore)	12	13	11	15	16
8	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64
	0,833	0,875	0,917	0,958	1,000
9	0,54	0,56	0,58	0,60	—
	0,875	0,917	0,958	1,000	
10	0,52	0,54	0,55	—	—
	0,917	0,958	1,000		

*Exemplu.* Considerând o schemă de udare cu 5 aripi de aspersiune cu volum net de apă distribuit  $W_{\text{net}} = 4.860 \text{ m}^3$ ,  $\eta_{ua} = 0,9$ , cu două cicluri de udare de 10 ore/zi, respectiv prin brazde, cu  $\eta_{ub} = 0,8$ , timp de udare 14 ore/zi și udare bivalentă, cu  $\eta_{ua} = 0,9$ ,  $\eta_{ub} = 0,8$ ,  $t_a = 10$  ore,  $t_b = 13$  ore, grad de bivalență  $G = 0,54$ , rezultă debitele și randamentele conform figurii 1.73.

Se observă că volumul de apă brut la irigație bivalentă este cu 0,8% superior irigării prin aspersiune, însă datorită creșterii randamentului de utilizare în timp a rețelei cu 15% debitul de proiectare scade cu 6,7%, ceea ce conduce la micșorarea gabaritelor rețelei.

Totodată se observă că timp de 1 (una) oră pe zi nu se udă, timp folosit pentru schimbarea treptelor de presiune ale rețelei. Aceste perioade de stagnare de câte 0,5 ore (dimineața și seara) se suprapun cu perioade de vârf ale consumului energetic național.

Decalarea în timp a perioadelor de schimbare a treptelor de presiune între ploturi, din cadrul unui complex de irigare, poate micșora consumul energetic pentru irigații în perioada vârfului de consum din sistemul energetic național.

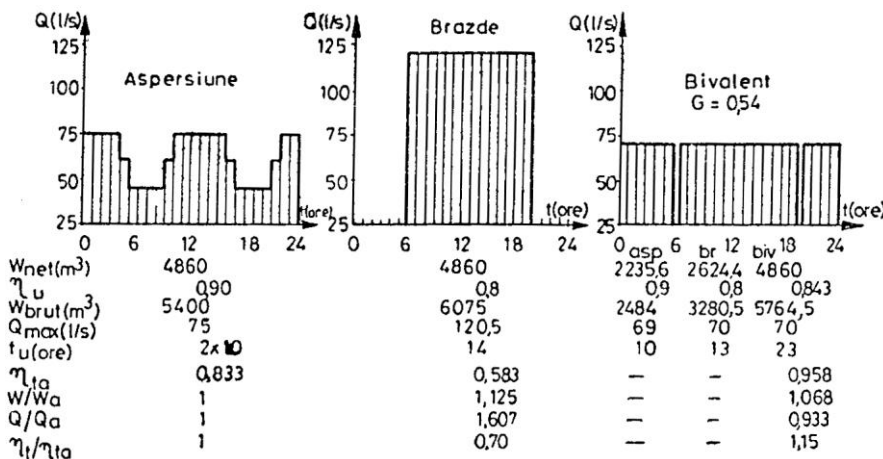


Fig. 1.73. Exemplet de grafic de udare comparativ pentru același volum net:  
a – aspersiune; b – brazde; c – bivalent.

#### 1.4.3.3. Condițiile de dimensionare a amenajărilor de irigații bivalente

Dimensionarea unei amenajări bivalente presupune: corelarea organizării interioare pe parcele a celor două metode de udare (care condiționează la rândul lor debitul de calcul și cantitatea de echipament mobil, stabilirea debitelor de dimensionare, calculul diametrelor rețelei).

Problematika dimensionării poate fi pusă atât pentru amenajări noi cât și pentru modernizarea ploturilor de aspersiune existente prin trecere la bivalență.

În cadrul dimensionării, metoda de lucru suferă particularizare când se calculează rețele alimentate prin ridicare mecanică, mixt sau gravitațional

#### 1° Corelarea organizării interioare și cantitatea de echipament mobil necesar

Pentru analiza corelării organizării interioare se consideră (I. Bartha) un plot, deservit de o rețea de conducte, pe suprafața căruia condițiile naturale permit aplicarea irigației bivalente. Suprafața  $S$  a plotului este ocupată de  $B_i$  culturi, dintre care  $i = 1 \dots k$  în rânduri rare, iar altele  $i = k + 1, \dots, n$  în rânduri dese. Fiecare cultură  $B_i$  ocupă fracțiunea din suprafața totală și îi sunt caracteristice normele de irigare  $M_i$  și de udare  $m_{ij}$ . Consumul crește cu înaintarea fazelor de vegetație și a înrădăcinării, fiecărei culturi fiindu-i caracteristice cel puțin două mărimi de normă de udare (norme mici la început, apoi mari). Normele mari de udare în cazul aspersiunii se fragmentează, micșorând corespunzător timpul de revenire. La irigarea bivalentă aspersiunea se folosește la începutul perioadei de vegetație pentru toate culturile, apoi numai pentru cele în rânduri dese. Culturile în rânduri rare, la norme de udare mari, se irigă prin brazde.

a) Irigarea prin aspersiune și cantitatea de echipament mobil necesar. În tehnica clasică autohtonă

ploaia artificială se realizează cu aripi de aspersiune, cu  $n$  aspersoare, montate la echidistanța  $d$ , fiind caracteristică unei aripi lungimea de udare  $L_u$  și cea constructivă  $L_c$ . Echidistanța dintre două poziții succesive ale aripii este  $d_l$ . Astfel, cu debitul mediu  $q_a$  al unui aspersor caracteristic unei sarcini  $H$ , se realizează o pluviometrie impusă de textura solului. Cu debitul total al aripii  $Q_n$  timpul de aplicare a normei  $m_{ij}$  este  $(t_u)_{ij}$ , iar durata unui ciclu  $(t_c)_{ij}$  este suma dintre  $(t_n)_{ij}$  și timpul de zvântare și mutare  $t_{mz}$ .

$$(t_c)_{ij} = (t_u + t_{mz})_{ij} \quad (64)$$

Numărul ciclurilor posibile pe

zi este:

$$(H_c)_{ij} = \text{Intr} \left( \frac{24}{t_c} \right)_{ij} \quad (65)$$

Relația (65) ține seama că în timpul nopții aripile nu se mută. Suprafața deservită de aripă într-o zi este:

$$(S_a)_{ij} = (N_c)_{ij} \cdot L_u d_l \quad (66)$$

iar suprafața totală deservită în timpul de revenire  $t_r$ , pentru norme  $m_{ij}$ , se exprimă prin:

$$(S_a)_{ij} = (S_{a zi} \cdot t_r)_{ij} \quad (67)$$

Numărul de aripi necesare pentru aplicarea normei  $m_{ij}$  culturii  $B_i$  este:

$$(N_a)_{ij} = \frac{S \cdot \beta_i}{(S_a)_{ij}} \quad (68)$$

Calcululele se efectuează pentru fiecare cultură și normă de udare. Când unele culturi se udă prin brazde acestea nu se iau în calcul. Însumarea numărului de aripi pentru fiecare cultură, pe perioadele de timp corespondente, stabilește numărul necesar de aripi pentru fiecare perioadă, iar valoarea maximă rezultată este numărul de aripi de aspersiune pentru acea amenajare bivalentă:

$$N_a = \max \left[ \sum (N_a)_{ij \text{ per}} \right] \quad (69)$$

b) Irigarea prin brazde și cantitatea de echipament mobil necesar. Distribuția apei pe brazde din rețele de conducte se realizează cu conducte din cauciuc butyl sau echipament de udare pe brazde din aluminiu ( $D_n 150$ ), cu indicativul EUBA-150. Organizarea amenajării interioare și a udărilor este condiționată de caracteristicile echipamentului mobil și de elementele tehnice ale brazdelor.

Brazdele sunt caracterizate prin: debit (inițial  $q_i$  și de regim  $q_r$ ), lungime (tehnic posibilă  $L$  și economică

$L_e$ ), distanța dintre brazde  $a$ , durata udării  $T$ .

Fiecare tip de echipament poate transporta debitul  $Q_c$ , astfel că numărul gurilor de alimentare deschise  $n$  trebuie să satisfacă condiția:

$$Q_c \geq n \cdot q_r \quad (70)$$

Numărul brazdelor alimentate în grup  $n$  coincide cu numărul gurilor de distribuție de pe tronsoane între regi ale echipamentului mobil.

Udarea pe brazde are loc zi lumină ( $T_{zi}$ ), iar în set deserveste:

$$N_g = \text{Intr} \left( \frac{T_{zi}}{cT} \right) \quad (71)$$

grupurile de brazde ( $c$  este un coeficient supraunitar care ține seama de tipul necesar trecerii udării de la un grup de brazde la altul).

În cadrul amenajării interioare a udărilor pe brazde în schemă longitudinală (direcția brazdelor perpendiculare pe antenă) lungimea brazdelor trebuie să fie divizor exact al distanței  $D$  dintre antene și să nu depășească lungimea economică și tehnic posibilă.

$$L_l = \frac{D}{n} \leq L \quad (72)$$

În schemă de amenajare transversală lungimea brazdelor este divizor exact al multiplului întreg al echidistanței dintre hidranți ( $72n$ ) și nu depășește lungimea economică, respectiv tehnic posibilă.

$$L_t = \frac{72n'}{n} \leq L \quad (73)$$

unde  $n'$  și  $n$  sunt numere întregi.

Suprafața deservită de un echipament pe zi, în cele două scheme de udare, este următoarea:

$$\begin{cases} (S_t)_{zi} = L_l \cdot N \cdot N_g \cdot a \\ (S)_{zi} = L_t \cdot N \cdot N_g \cdot a \end{cases} \quad (74)$$

iar în perioada de revenire  $t$  este:

$$\begin{cases} S_i = (S_t)_{zi} \cdot t_r \\ S = (S)_{zi} \cdot t_r \end{cases} \quad (75)$$

Suprafețele deservite de un set de udare în schemă transversală, respectiv longitudinală, rotunjite inferior la multiplu de  $72 \cdot D$ , reprezintă sectoare de udare pe brazde.

$$S_{sect} = 72k \cdot D = \text{Intr} \left\{ \frac{S_i}{S} \right\} \quad (76)$$

Sectorul de udare este deservit de un echipament mobil, iar suprafața sa trebuie cultivată cu plante ce reclamă aceeași metodă de udare. Numărul echipamentelor corespunde cu raportul suprafeței udată prin brazde și suprafața unui sector.

$$n_b = \frac{S_b}{S_{sect}} = \frac{G \cdot S}{S_{sect}} \quad (77)$$

Pe tronsonul de antenă care deserveste un sector de udare trebuie să existe cel puțin un hidrant bivalent.

*Exemplu de corelare a schemelor de amenajare interioară la irigare bivalentă.*

Pentru elementele  $m = 650 \text{ m}^3/\text{ha}$ ,  $L = 166 \text{ m}$ ,  $a = 0,8 \text{ m}$ ,  $q = 1,5 \text{ l/s}$ ,  $T_{s1} = 16 \text{ ore}$ ,  $t_r = 13 \text{ zile}$ ,  $c = 1,1$  date, schema de amenajare interioară, folosirea echipamentului EUBA-150 (cu  $N = 16$ ,  $Q_c = 24 \text{ l/s}$ ) pentru ploturi cu  $D = 612$  și  $792 \text{ m}$ , rezultă organizarea din figura 1.74 și tabelul 1.12.

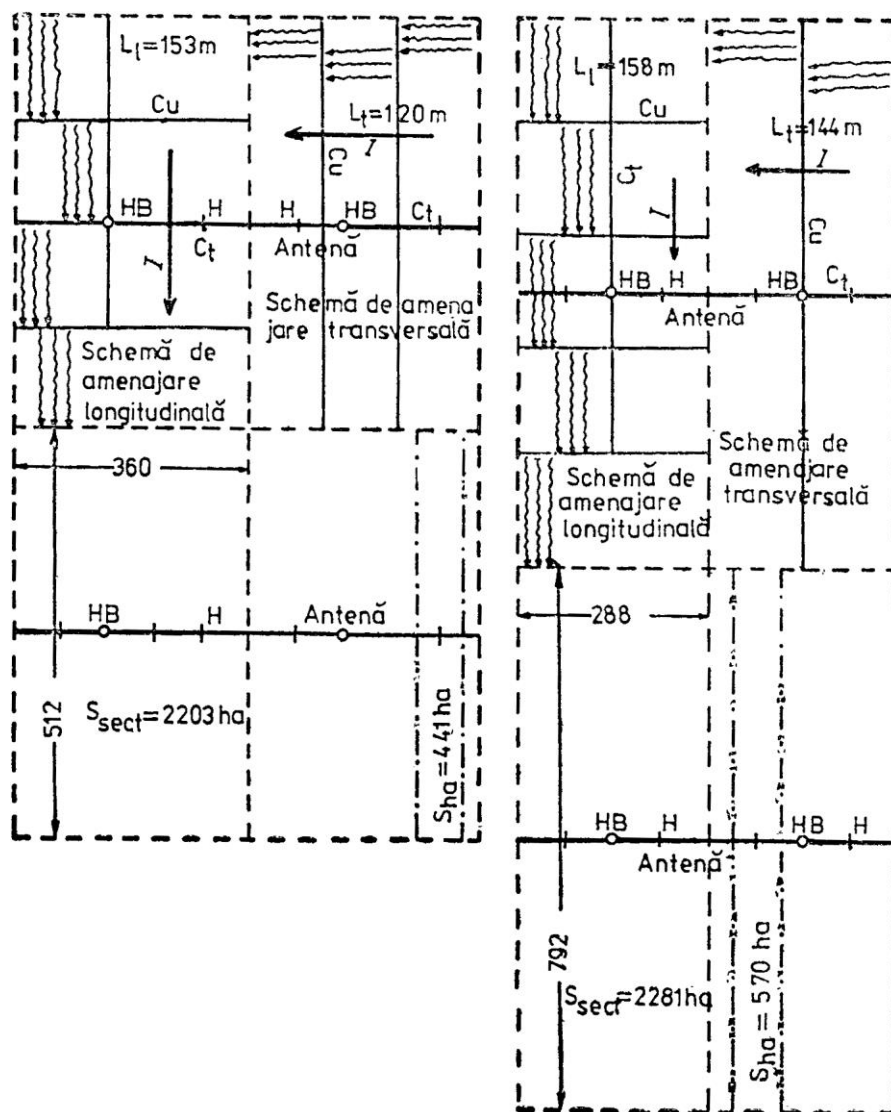


Fig. 1.74. Schema de amenajare interioară pentru echidistanță:  $a - 612 \text{ m}$ ;  $b - 792 \text{ m}$ .

**Tabelul 1.12.** Elementele udării pe brazde în corelare cu aspersiune

$D$ (m)	$\frac{L}{n}$ (m)	$\frac{L_1}{n'}$ (m)	$T$ (ore)	$T_i$ (ore)	$N_{g1}$	$N_{gt}$	$(S)_{zi}$ (ha)	$(S_i)_{zi}$ (ha)	$S$ (ha)	$S_i$ (ha)	$S_{sect}$ (ha)
612	153/4	120/2	1,47	1,16	9	12	1,76	1,84	22,88	23,92	22,0
792	158/5	144/2	1,52	1,39	9	10	1,82	1,84	23,66	23,92	22,8

## 2° Tronsonarea rețelei și debitul de calcul

Împărțirea rețelei pe tronsoane se stabilește în funcție de organizarea udărilor și schema amenajării interioare. Numărul hidranților din fiecare tip – de aspersiune și bivalente – care funcționează concomitent pe antene, conducte secundare sau principale se determină pe baza organizării udărilor, prin programare sau la cerere. Numărul hidranților în funcțiune pe antene se distribuie uniform în lungul acesteia, rezultând o dimensionare telescopică.

a) *La distribuția prin programarea udărilor* se impune debitul fiecărui consumator, ca multiplu al debitului unui echipament mobil, iar rotația livrării apei permite stabilirea debitului tronsoanelor. Debitul fiecărui tronson se exprimă ca suma consumului echipamentelor de udare de același tip, care funcționează concomitent în aval și pe tronsonul considerat:

$$Q_i = N \cdot q_e = \text{Intr} \left\{ \frac{S \cdot q_{sp}}{\eta_t \cdot \eta_u} \right\} \quad (78)$$

în care:

$Q_i$  este debitul tronsonului  $i$ ;

$N$  – numărul echipamentelor în funcțiune concomitentă;

$q_e$  – debitul echipamentului;

$S$  – suprafața aferentă tronsonului;

$q_{sp}$  – debitul specific;

$\eta_u$  – randamentul de utilizare în timp a rețelei, respectiv a udării.

b) *În cazul distribuției la cerere*, orice consumator primește satisfacție cu o anumită asigurare, caracterizată printr-un parametru  $P_g$  – calitate de funcționare a rețelei. Pentru o repartitie bivalentă limită a consumului prima relație a cererii, pentru  $M$  tipuri de hidranți este:

$$Q = \sum_{j=1}^M R_j p_j q_{hj} + U(P_q) \sqrt{\sum_{j=1}^M R_j p_j (1 - p_j) q_{hj}^2} \quad (79)$$

în care:

$Q$  este debitul tronsonului;

$R_j$  – numărul hidranților de tipul  $j$  până la secțiunea de calcul;

$p_j$  – posibilitatea medie de funcționare a unui hidrant  $\left( p_j = \frac{t}{T} \right)$ ;

$t$  – timpul de funcționare a unui hidrant pentru realizarea normei de udare;

$T$  – durata de aplicare a udărilor pe suprafața amenajată;

$q_{hj}$  – debitul hidrantului de tipul  $j$ ;

$U(P_q)$  – funcția de repartitie caracteristică calității  $P_q$ . Când tronsonul deservește număr mare de hidranți (CD, CP), se recomandă  $P_q \in (0,8-0,9)$ , iar la număr mic,  $P_q \in (0,99-0,999)$ .

Modul real de funcționare al hidranților nu corespunde exact distribuției binomiale, acesta reprezintă cazuri particulare ale proceselor Markov, a căror stare depinde de parametrul timp. Pentru o rețea cu  $M$  tipuri de hidranți, debitul tronsonului devine:

$$Q = \sum_{j=1}^M \left[ (R_j - 1) p_j + \frac{U' \cdot H(U')}{P_a} \right] q_{hj} \quad (80)$$

cu

$$H'(U) = P_a \sqrt{\sum_{j=1}^M (R_j - 1) p_j (1 - p_j)} \quad (81)$$

în care:

$R_j, p_j, q_{hj}$  au semnificațiile menționate;

$P_a$  reprezintă numărul mediu de cereri refuzate;

valorile  $U', H(U')$  și  $U' \cdot H(U')$  sunt intabulate în lucrări de calcul probabilistic și statistic.

A doua formulă a cererii definește mai fidel consumul și se poate aplica tuturor tipurilor și schemelor de rețele bivalente.

La calculul debitelor tronsoanelor trebuie ținut seama de funcționalul rețelei, treptele de presiune nu funcționează concomitent, fiind decalate pe perioada unei zile.

Pentru fiecare tronson rezultă două debite, specifice celor două metode de udare.

Chiar când se determină debitele cu o relație specifică distribuției la cerere, aceasta este valabilă pentru perioada din zi în care rețeaua funcționează cu treapta de presiune aferentă.

Existența programului diurn impus de funcționare a treptelor de presiune și distribuția la cerere în cadrul programului zilnic definește o distribuție de tip *hibrid*.

La calculul debitelor de proiectare trebuie să se țină seama și de amplasarea planului de cultură pe elementele rețelei. Când antenele deservește culturi care se



udă prin aceeași metodă în perioada consumului maxim, debitele de proiectare sunt superioare irigației numai prin aspersiune, datorită micșorării randamentului de utilizare a rețelei. Folosirea unui asolament, pe suprafața deservită de antenă, care respectă gradul de bivalență, implică debite de proiectare ale tronsoanelor mai mici decât la irigare monovalentă (v. fig. 1.73).

### 3° Calculul diametrelor sectoarelor de conductă prin programare lineară

Dimensionarea rețelei bivalente poate forma o problemă de programare lineară în care restricțiile sunt condițiile tehnice, exprimate prin egalități și inegalități, iar obiectivul optimizării se referă la costul total anual al amenajării.

Se presupune că fiecare tronson  $k$  (fig. 1.75), de lungime  $L_k$ , debit  $Q_{ak}$  și  $Q_{bk}$  este format din  $m_k$  sectoare, cu diametre, lungimi și prețuri unitare  $F_{ki}$ ,  $l_{ki}$  și  $c_{ki}$ , respectiv pantele piezometrice  $j_{aki}$  și  $j_{bki}$ . Diametrele  $D_{ki}$  sunt cuprinse în intervalul  $[D_{\min}, D_{\max}]$ , corespunzător domeniului economic al vitezei  $[v_{\max}, v_{\min}]$ .

Restricțiile și funcția obiectiv se scriu diferențiat în funcție de modul de alimentare a rețelei; prin ridicare mecanică, mixt sau gravitațional.

a) *Formularea problemei de programare lineară la alimentarea rețelei prin pompă.*

Restricțiile obligatorii ale problemei sunt:

– relațiile piezometrice între nodurile alăturate, scrise ambelor trepte de presiune:

$$\begin{cases} Z_{bk}^{av} + \sum_{i=1}^{m_k} l_{ki} \cdot j_{bki} \leq Z_{bk}^{am} \\ Z_{ak}^{av} + \sum_{i=1}^{m_k} l_{ki} \cdot j_{aki} \leq Z_{ak}^{am} \end{cases} \quad (82)$$

– relația între lungimile sectoarelor și tronsonului:

$$L_k = \sum_{i=1}^{m_k} l_{ki} \quad (83)$$

– presiunea la fiecare hidrant trebuie să satisfacă sarcina minimă pentru alimentarea echipamentelor la udare:

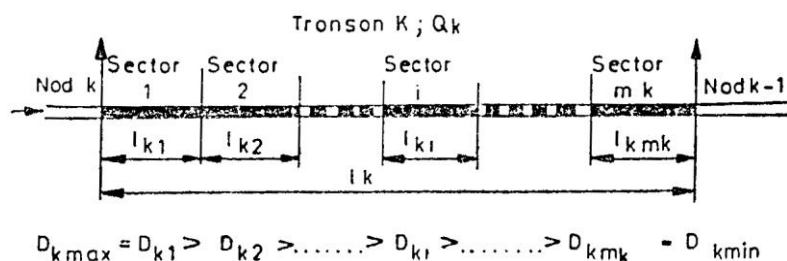


Fig. 1.75. Sectorizarea tronsonului K.

$$\begin{cases} Z_{bk} - Z_{tk} = H_{bk} \geq H_b \\ Z_{ak} - Z_{tk} = H_{ak} \geq H_a \end{cases} \quad (84)$$

Restricțiile calitative se referă la:

– presiunea stației de pompare ( $H_{SPP}$ ), care trebuie să se încadreze în limitele impuse de caracteristicile pompelor uzuale:

$$H_{\min SPP} \leq H_{SPP} \leq H_{\max SPP} \quad (85)$$

– sarcina în punctele nefavorabile, care trebuie să satisfacă necesitățile tehnice, să se încadreze în limitele

$$H_{\min} \leq H_k \leq H_{\max} \quad (86)$$

– consumul specific de tubulatură, exprimat în echivalent, și care trebuie să fie inferior consumului specific normat:

$$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^{m_k} CE_{kij} l_{ki} \leq L_{ETj} \quad (87)$$

Funcția obiectiv reprezintă cheltuielile totale anuale:

$$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^{m_k} [a_{ki} \cdot l_{ki} \cdot c_{ki} + (A_a + B_a) H_{aSPP} + (A_b + B_b) H_{bSPP}] = \min \quad (88)$$

S-au utilizat notațiile:

$Z_{bk}^{av}$ ,  $Z_{bk}^{am}$  – cota piezometrică la capătul aval și amonte al tronsonului  $k$  pentru treapta de brazde;

$Z_{ak}^{av}$ ,  $Z_{ak}^{am}$  – idem pentru aspersiune;

$Z_{zb}$ ,  $Z_{bk}$ ,  $Z_{ak}$  – cotele terenului și piezometrice (aferele celor două metode de udare) în nodul  $k$ ;

$H_b$  și  $H_a$  – presiunile minime necesare la hidranți pentru aspersiune și brazde;

$H_{bk}$  și  $H_{ak}$  – presiunile efective în nodul  $k$  pentru cele două trepte de presiune;

$CE_{kij}$  – coeficient de echivalență pentru tubul de pe sectorul  $k_i$ , referitor la materialul  $j$ ;

$L_{ET}$  – lungimea echivalentă totală admisă din materialul  $j$  întregii rețele;

$a_{ki}$  – cota de amortizare pentru tipul de tub utilizat pe sectorul  $k_i$ ;

$c_{ki}$  – preț unitar al conductei pozate pe sectorul  $k_i$ ;

$A_b$  și  $A_a$  – coeficienți de amortizare în stația de pompare în funcție de puterea instalată pentru cele două trepte de presiune;

$B_b$  și  $B_i$  – coeficienți referitori la consumul de energie la SPP în funcție de volumul și sarcinile de pompare;

$H_{bSPP}$  și  $H_{aSPP}$  – presiunea de alimentare a rețelei pentru cele două metode de udare.

Amortismenle la SPP depind de puterea instalată:

$$a \cdot I_{SPP} = f(Q, H) \quad (89)$$

care pentru debitul cunoscut se pot liniariza

sub forma:

$$a \cdot I_{SPP} = A' + AH_{SPP} \quad (90)$$

Partea constantă a corelației  $A'$  nu afectează optimizarea, în calcule intervine numai  $A \cdot H_{SPP}$ , defalcăt pentru cele două trepte de presiune ( $A_a$  și  $A_b$ ).

Costul energiei consumate anual la alimentarea rețelei se exprimă prin

$$C_e = \frac{\gamma \cdot W \cdot H_{SPP}}{\eta} \cdot c_e = B \cdot H_{SPP} \quad (91)$$

și care se particularizează pe cele două metode de udare ( $B_a$  și  $B_b$ ).

S-au notat:

$\gamma$  este greutatea specifică a apei;

$\eta$  – randamentul pompării;

$W$  – volumul pompat la asigurarea de 50% a normelor de irigare (separat pentru ambele metode de udare  $W_a$ ,  $W_b$ ;

$C_e$  – costul unitar al energiei.

b) *Dimensionarea rețelei la alimentarea mixtă a acesteia.*

Asigurarea gravitațională a unei presiuni de 20-40 mCA în capătul amonte al rețelei permite alimentarea mixtă a acesteia, irigarea prin brazde realizându-se gravitațional, iar aspersiunea prin ridicare mecanică.

Restricțiile obligatorii ale problemei de programare lineară, privind: relația piezometrică între nodurile alăturate (82), relația dintre lungimea sectoarelor și tronsonului (83), presiunea la fiecare hidrant (84) rămân nemodificate. Acestor restricții li se alătură condiția ca presiunea în capătul amonte al rețelei pentru irigarea prin brazde ( $H_r$ ) să nu depășească valoarea presiunii realizate gravitațional ( $H_G$ ):

$$H_B \leq H_G \quad (92)$$

Restricțiile facultative (85...87) pot fi folosite și în acest caz. Funcția obiectiv nu mai cuprinde cota de amortizare și cheltuielile de energie pentru treapta de brazde ale stației de pompare, astfel:

$$\sum_{k=1}^n \cdot \sum_{i=1}^{m_k} [a_{ki} \cdot l_{ki} \cdot c_{ki} + (A_a + B_a) H_{aSPP}] = \min \quad (93)$$

Conform figurii 1.61, energia pentru realizarea presiunii aferente treptei de aspersiune se poate realiza chiar de microhidrocentralele de pe canal sau din zonă.

Debitul pentru irigarea terasei superioare se prelevă din conducta forțată a CHE, alimentând rețeaua direct (udări prin brazde) sau prin pompare (udări prin aspersiune). Debitul pentru terasele inferioare se turbinează, producând energia necesară treptei pentru aspersiune, sau se redistribuie altor pompări, eventual altor folosințe. Când debitul treptei pentru aspersiune este mic, presiunea se poate asigura și cu ajutorul unei baterii de berbeci hidraulici.

c) *Dimensionarea rețelei la alimentarea gravitațională a acesteia.*

Condiția alimentării gravitaționale a rețelei bivalente presupune ca presiunea rezultată din diferența de cotă ( $H_G$ ) să satisfacă ambele metode de irigare:

$$\begin{cases} H_B \leq H_G \\ H_A \leq H_G \end{cases} \quad (94)$$

Celelalte restricții rămân valabile și în acest caz.

Obiectivul optimizării se referă numai la minimizarea amortismentului în rețea:

$$\sum_{k=1}^n \cdot \sum_{i=1}^{m_k} a_{ki} \cdot l_{ki} \cdot c_{ki} = \min \quad (95)$$

Soluționarea problemei de programare lineară este rezolvabilă pe calculator. Centrele teritoriale de calcul dețin programe de bibliotecă pentru rezolvarea programelor de programare lineară (ex. programul PROGLIN din biblioteca OPALIN).

#### 1.4.4. PROIECTAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR (PAC), ÎN AMENAJAREA DE IRIGAȚIE CU REȚELE DE CONDUCTE

##### 1° Cerințe (matematice și tehnologice)

În scopul creșterii productivității muncii în proiectarea amenajărilor de irigații (circa 200.000 ha/an), și pentru optimizarea consumurilor de materiale, energie, respectiv valorile de investiții și condițiile de exploatare, Institutul de Studii și Proiectări pentru Îmbunătățiri Funciare (I.S.P.I.F.), împreună cu Centrul de Calcul pentru Îmbunătățiri Funciare, a elaborat în cadrul „Sistemului interactiv de proiectare asistată de calculator a lucrărilor de îmbunătățiri funciare” (S.I.P. A.C.I.F.) și modulele necesare proiectării unei amenajări de irigație cu conducte îngropate\* (fig. 1.76).

În această analiză tehnologică se evidențiază următoarele module:

**Modul 1**, ce stabilește: parametrii stației de punere sub presiune; rețeaua de conducte și instalații de udare. În această fază se tratează schema și se stabilesc cerințele de udare a întregii suprafețe de amenajare exterioară;

**Modul 2**, ce stabilește: lucrările comune (ce sunt conductele secundare și principale) și pe beneficiari, antenele. În această fază se realizează dimensionarea optim-hidraulică și economică a întregii rețele;

**Modulul 3**, ce stabilește: volumele de terasamente și costurile investiției. Această fază cuprinde pozarea profilelor longitudinale și transversale; ante-

\* V. Dobre și colab., „Proiectarea asistată de calculator în Îmbunătățiri Funciare”, Centrul de Material Didactic și Propagandă Agricolă, București, 1987.

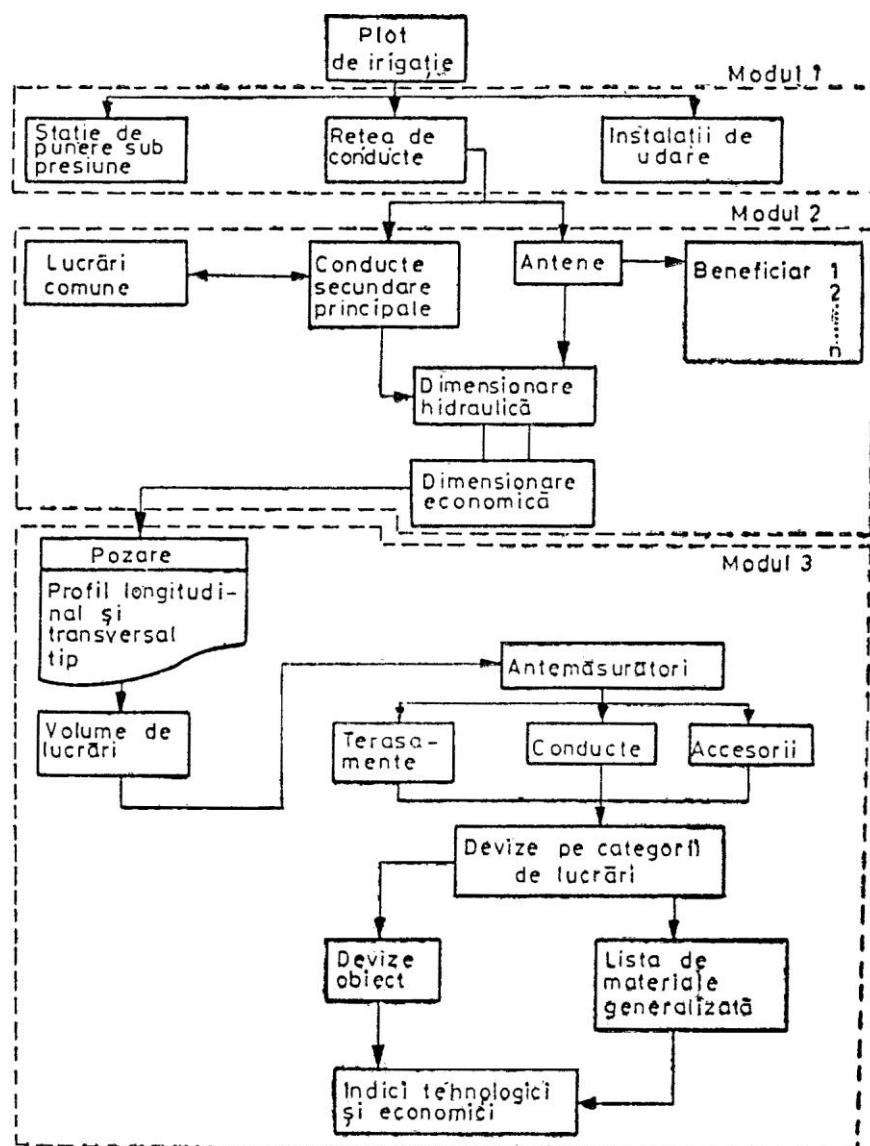


Fig. 1.76. Analiza tehnologică de proiectare a unei amenajări de irigație cu conductă îngropată.

măsurătorile ce se referă la date despre terasamente, conducte și accesorii; volumele totale de lucrări; devize pe categorii de lucrări; devize pe obiect; indici tehnico-economici; liste de materiale centralizatoare.

Cerințele matematice și tehnologice iau în considerare:

- determinarea diametrelor conductelor funcție de debitul și presiunea necesară în orice punct al rețelei;
- adâncimea de îngropare a conductelor pentru asigurarea protecției acestora, în condiții de terasament minim al unei exploatare optime.

## 2° Produsul PAC-CONDUCTE – în S.I.P.A.C.I.F. (fig. 1.77 a, b, c)

În baza principiilor informatice fundamentale ale S.I.P.A.C.I.F. și anume construcția progresivă și

metoda prototypingului, produsul se realizează pe versiuni succesive, criteriul principal de alegere a pașilor de idealizare fiind preluarea părților de rutină și posibilitatea exploatare imediate de către proiectanți. Astfel, în versiunea actuală, CONDUCTE rezolvă integral MODUL 2 și parțial MODUL 3 din structura tehnologică de proiectare a amenajărilor de irigație cu rețele de conducte.

Funcțiunile produsului CONDUCTE în versiunea actuală sunt:

- calcul pierdere sarcină în conducte;
- dimensionare hidraulică a unui plot;
- introducere date și listă validare;
- terasamente + antemăsurători 1, 2;
- desen profil longitudinal.

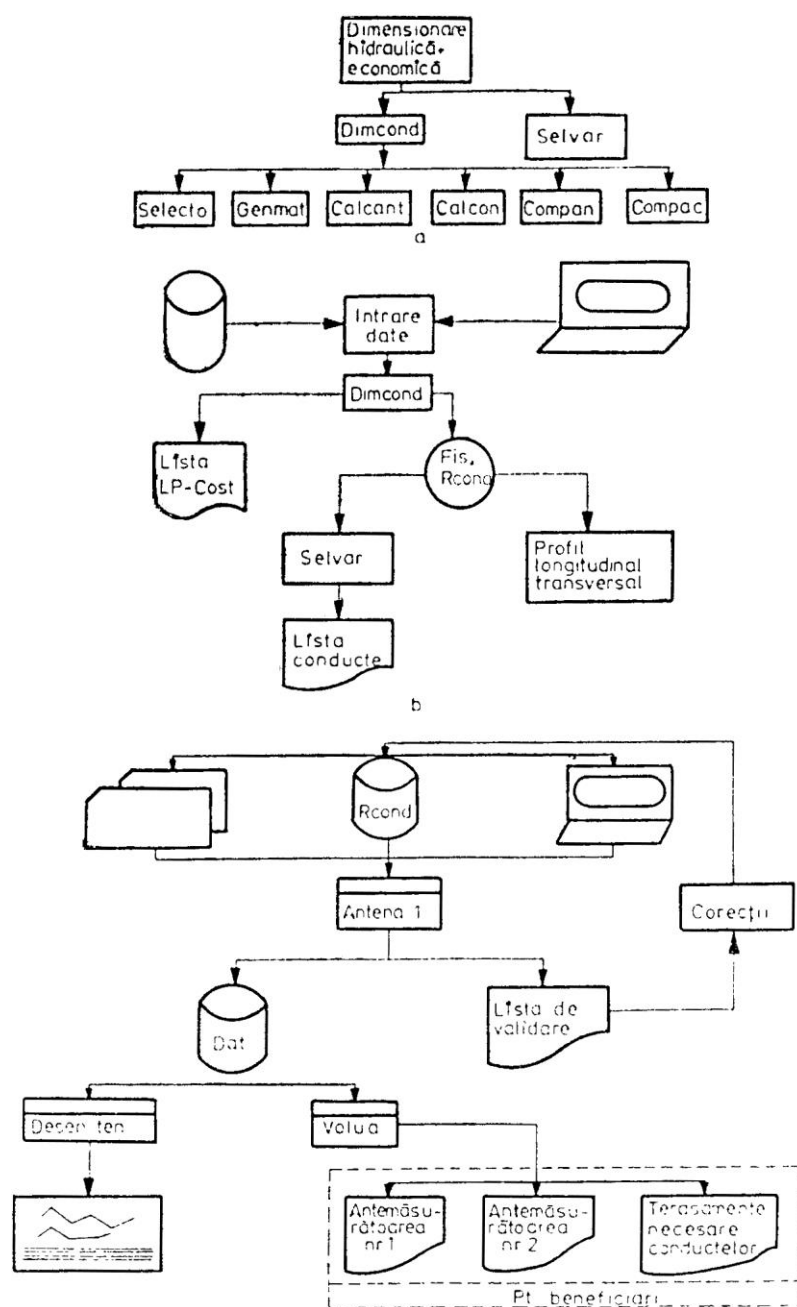
Procedura de dimensionare hidraulică și economică (fig. 1.77 a) este structurată în două programe DIMCOND și SELVAR.

Programul DIMCOND realizează dimensionarea din punct de vedere hidraulic a plotului de irigație, obținându-se un fișier RCOND (fig. 1.77 b) ce conține variante – combinații de diametre – pe tronsoane, fiecare variantă având o valoare calculată a liniei piezometrice (LP), un cost aferent (COST) și, de asemenea, o listă de valori  $COST = f(LP)$ . Informațiile de intrare ale procedurii sunt furnizate pe

tronsoane și reprezintă distanțe, cote teren, debit noduri. Pentru întreaga rețea se acceptă la intrare diametrele existente pe tipuri de conducte. Programul LISLAV oferă proiectantului situația conductelor din rețea, suprafețe, debite, lungimi de tipuri de conducte și diametre.

Dimensionarea optimă – hidraulică și economică – are la bază următorul algoritm:

- pentru fiecare antenă se selectează un număr de diametre din cele disponibile la intrare (SELECTQ);
- se generează pentru fiecare antenă o matrice ale cărei elemente pe linii reprezintă o variantă de succesiune – diametru pe tronsoane (GENMAT);
- se calculează pentru fiecare antenă și pentru fiecare variantă de „succesiune – diametru” pierderile de sarcină, linia piezometrică (LP) și costul conductelor (CALCANT);



**Fig. 1.77.** Produsul P.A.C. – CONDUCTE în SIPACIF: a – Structura programelor DIMCOND, SELVAR; b – Fișier HCOND; c – procedura de pozare a conductelor.

– se combină în funcție de LP maxim matricile care concură în nodurile rețelei (COMPAN);

– se calculează pentru fiecare tronson de conductă principală o matrice de posibilități de alegere de diametre (CALCON);

– se combină progresiv matricile rezultate din combinații – antene cu matricea-tronson conductă principală (COMPAC).

Combinațiile se realizează din aval în amonte până la stația de pompare (punere sub presiune). Variantele selectate după criterii de optimalitate se înscriu în fișierul RCOND.

Prin programul SELVAR se obține situația de evidențiere a unei soluții de proiectare alese, precizându-se pentru fiecare tip de conductă (A = antenă, CP = conducte principale, CS = conducte secundare) suprafața desecată, debitul, lungimea totală și parțială pe tipuri de materiale constructive.

Procedura de pozare conducte (fig. 1.77 c) acceptă ca intrare soluția de dimensiunare din fișierul RCOND sau o soluție impusă de proiectant.

Produsul CONDUCTE se exploatează interactiv. Proiectantul poate controla evoluția prelucrărilor și obținerea rezultatelor parțiale și finale.

## 1.5. TEHNICI ȘI TEHNOLOGII MODERNE DE DRENAJ

În actuala etapă, drenajul a devenit indispensabil pentru înlăturarea excesului de apă (de suprafață și freatic), pentru desalinizarea terenurilor salinizate, pentru creșterea capacității portante a solurilor, pentru creșterea randamentului culturilor agricole, pentru diversificarea culturilor, pentru instalarea unui mediu salubru, ca și pentru alte scopuri în afara celor agricole – protejarea terenurilor de sport, a aeroporturilor, a șantierelor de construcții, a centrelor populate, a căilor de comunicații, pentru consolidarea terenurilor alunecătoare etc.

Drenajul, auxiliar în planurile de amenajări hidro-agricole de acum 15-20 ani, în prezent este indispensabil în structura unei scheme hidrotehnice teritoriale.

Ritmul de dezvoltare a drenajului pe glob nu înscrie însă valorile necesare, ca suprafață, datorită unor dificultăți de ordin tehnico-economic: 1° *tehnici de proiectare* greoaie; 2° *materiale de drenaj* (drenuri și filtre)

deficitare, sau cu tehnologii neindustrializabile; 3° *echipamente* și tehnologii cu randamente scăzute.

Pentru înlăturarea unor neajunsuri de acest gen, în continuare vor fi prezentate aspecte specifice celor trei categorii de probleme (1°, 2°, 3°).

Progresele tehnologice moderne au schimbat radical modul de realizare al drenajului tradițional. Noile materiale de drenaj și filtre, noile utilaje de deschidere a tranșelor și introducerea drenurilor, noile mașini de subsolaj ș.a. au permis să crească simțitor volumul anual al amenajărilor de drenaj și respectiv al amenajărilor rurale.

Evoluția este, de asemenea, importantă și în domeniul proiectării, prin perfecționările aduse în colectarea și prelucrarea datelor, în trasarea și dimensionarea rețelelor, în întocmirea devizelor etc.

Prin modernizarea și extinderea drenajului, agricultura înregistrează progrese considerabile, atât ca extindere pe noi terenuri, cât și ca intensitate și durabilitate a producției obținute.

### 1.5.1. PERFECȚIONĂRI ÎN TEHNICA PROIECTĂRII DRENAJULUI

Dezvoltarea actuală a informaticii și pătrunderea ei în tehnica proiectării\* permite și rezolvarea problemelor de drenaj pe baze noi. Astfel în, Franța s-a pus la punct un pachet de programe pentru drenaj adaptate sistemului de calcul de tip MICRAL 80, în cadrul sistemelor de proiectare automată pentru amenajarea terenurilor „GEOSYSTEME”.

Proiectarea pe geosisteme nu exclude proiectantul, ci îl ajută pe acesta, punându-i la dispoziția algoritmi de calcul pentru rețelele de drenaj, cu un mare câștig de timp.

Fazele laborioase de calcul sunt eliminate, permițând prin dispozitivele de afișare grafică ale sistemului de calcul expunerea soluțiilor și accesul interactiv al proiectantului în diverse faze (de proiect).

Pentru documentarea celor interesați se prezintă în cele ce urmează *concepția proiectului* de drenaj, *baza de programare* folosită (după Daniel de Boni, 1981) și câteva *date informative* despre sistemul GEOSYSTEME (după prospectele CNETGEF, 1981, „Centre National d'Etudes Techniques des Géomètres Experts Foncières”).

#### 1.5.1.1. Concepția proiectului de drenaj

Schema logică (organigrama) de drenaj este integrată într-un lanț complet de programe topografice și de concepție a proiectelor numit GEOSYSTEME. Acest ansamblu pune la dispoziția proiectantului programele necesare calculului și raportării punctelor, precum și programe de calcul ale modelului terenului natural și vizualizarea prin desen pe un plotter a curbelor de nivel.

Partea cea mai importantă a planului cuprinde raportarea punctelor și curbelor de nivel, care permite proiectantului să studieze planimetria proiectului, cu amplasarea (trasarea) colectoarelor de drenaj, a rețelei de drenuri și delimitarea sectoarelor de drenaj (fig. 1.78).

Schema logică a drenajului permite realizarea următoarelor obiective:

- Introducerea planimetriei proiectului, cu ajutorul unui digitalizator (terminal de calculator).
- Poziționarea automată a drenurilor altimetric, în funcție de terenul natural și de restricțiile de pantă și de adâncimea necesară.
- Poziționarea altimetrică a colectoarelor (fig. 1.79). Profilul terenului natural pe axa colectorului este vizualizat pe display (ecranul grafic). Proiectantul marchează pe ecran, prin puncte, traseul colectorului, programul cumulează debitele și calculează diametrele necesare.
- Poziționarea altimetrică a drenurilor absorbante, ținând cont de altimetria (adâncimea) colectoarelor.
- Listarea cantității (volumelor de terasament) pe imprimantă.
- ieșirea pe un plotter a planului proiectat și a profilelor longitudinale ale colectoarelor.

#### 1.5.1.2. Schema logică (organigrama) a drenajului pe GEOSYSTEME (după Daniel de Boni – CNETGEF)

În 1981 a fost terminală integrarea sa în Géosystème pe MICRAL 80 și programul este operațional.

Utilizarea acestui program necesită în prealabil calculul unui model de teren natural prin programul „curbe de nivel” (cf. fișei tehnice, revista „Geometrie”, februarie 1981).

Prin utilizarea programului, proiectantul este eliberat de sarcinile cele mai laborioase. Cu toate că schema logică permite un control mai facil al calității proiectului, intervenția proiectantului rămâne esențială.

Programul nu ia decizii în mod automat, el nu face decât să ușureze alegerea proiectantului, punând la dispoziția acestuia informațiile pe care nu le posedă prin studiu normal – manual, datorită timpului de lucru prea lung.

Condițiile tehnice și economice ale proiectului, stabilit ușor cu ajutorul programului, sunt:

- poziționarea automată a drenurilor în altimetrie, pornind de la condițiile de pantă și adâncime;
- vizualizarea rapidă pe ecran a profilelor colectoarelor în terenul natural;
- calculul automat al diametrelor pornind de la debitele cumulate;
- ieșirea unui listing (înregistrarea pe hârtie imprimantă).

Pentru elaborarea proiectului de drenaj folosind Schema logică pe Géosystème, trebuie cunoscute: 1. datele necesare; 2. perifericele necesare; 3. structura programului; 4. funcțiile diferitelor module; 5. performanțele și limitele utilizării programului.

\* Dobre V. și colab. „Proiectarea asistată de calculator în Îmbunătățiri Funciare”, Redacția de Propagandă Tehnică Agricolă, București, 1987 (v. vol. II, cap. 17).

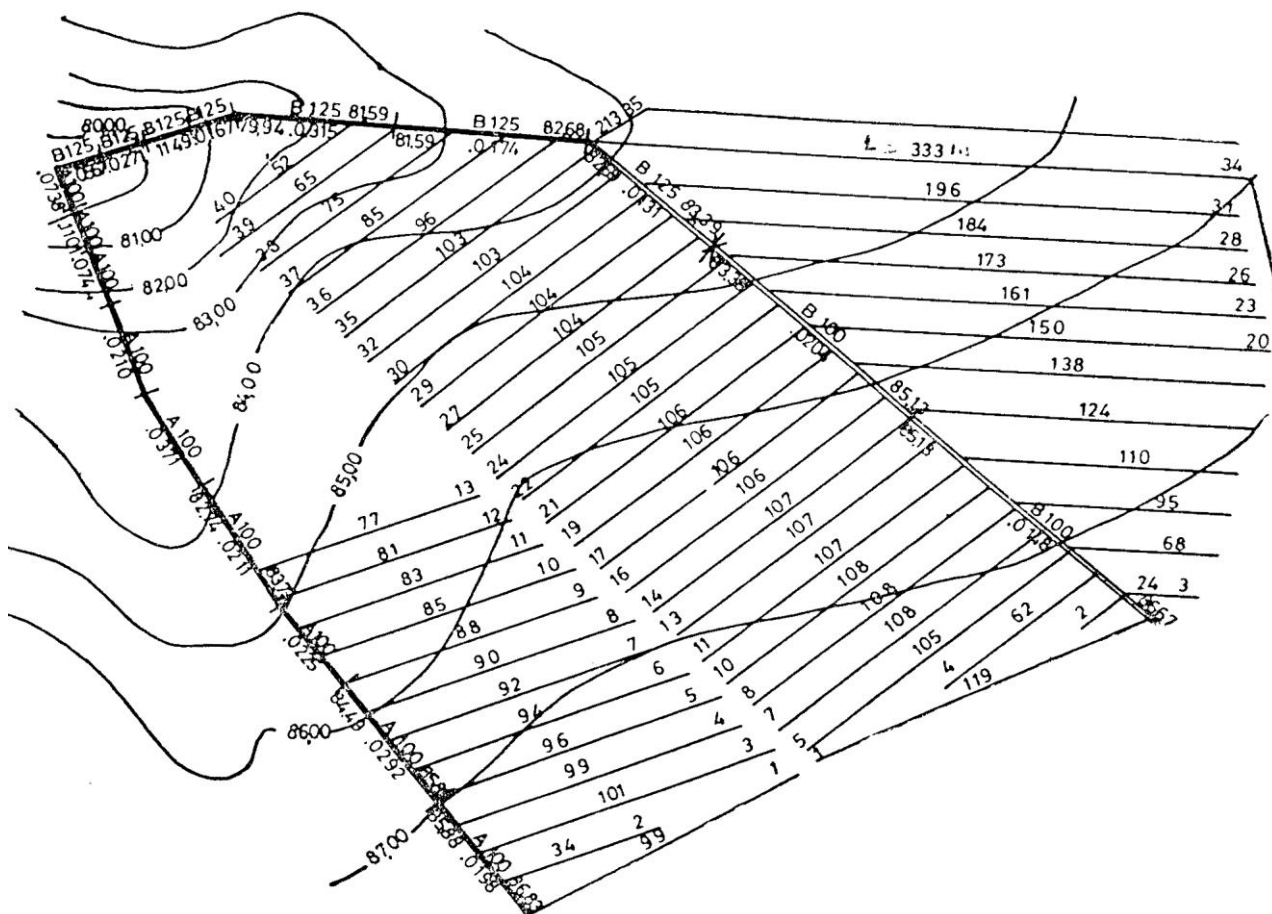


Fig. 1.78. Poziționarea colectoarelor, a rețelei de drenuri și delimitarea sectoarelor de drenaj.

1. *Datele necesare.* Acestea sunt, pe de o parte, datele generate prin programul curbelor de nivel (fișierul „model al terenului natural” și fișierul „trasare curbe de nivel”), iar pe de altă parte datele ce rezultă din studiile și considerentele pedologice și agro-eco-

nomice: debit caracteristic, distanța dintre drenuri.

2. *Perifericele necesare.* Pentru tratarea completă a unui program este necesar să se dispună de următoarele periferice:

- un digitalizor, pentru trasarea planimetrică a proiectului. Cele două modele existente (1981) sunt: ploterul cu digitalizor BENSON tip 6201 și digitalizorul NUMONICS tip 1220;
- un ecran grafic interactiv (tip 256 x 256 puncte minim) pentru vizualizarea profilelor terenului natural și poziționarea altimetrică a colectoarelor prin digitalizare;
- o imprimantă pentru listarea rezultatelor și a listingului;
- un plotter pentru trasarea planului proiectat și a profilelor de-a lungul colectoarelor.

3. *Structura programului.*

Schema logică (organigrama) a drenajului se prezintă sub forma unei serii de module, fiecare modul corespunzând unei sarcini elementare a proiectului.

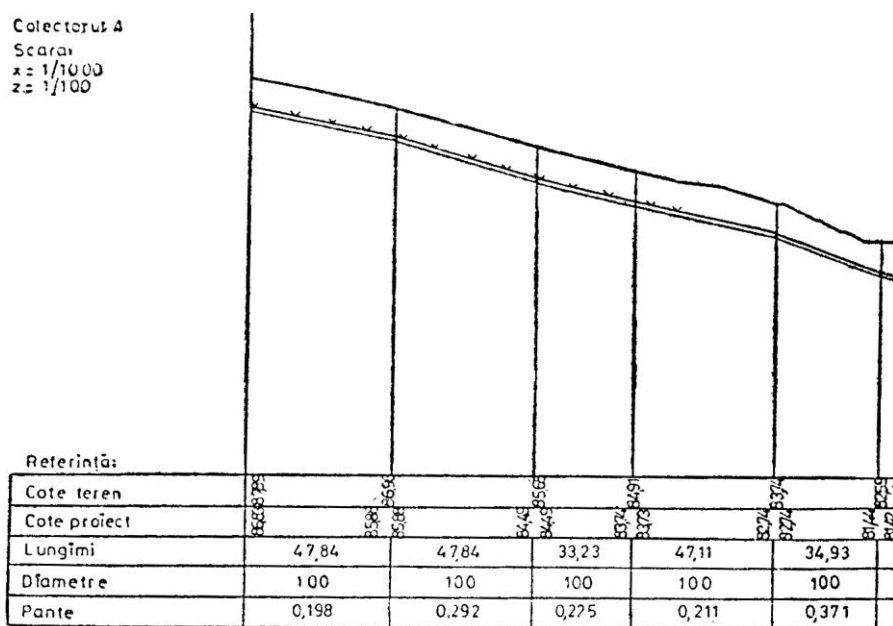


Fig. 1.79. Trasarea profilului longitudinal al colectorului A, din figura 1.78.

Programele numite monitoare permit selecția diferitelor module.

Schema de ansamblu este următoarea: MONITOR 1: Monitorul fazei Calculul de proiect:

- Inițializarea fișelor necesare stocării proiectului;
- Returul la biblioteca generală a programului GEOSYSTEME;
- Crearea planimetrică a proiectului prin digitalizare;
- Calculul altimetric al drenurilor în funcție de terenul natural;
- Poziționarea altimetrică a colectoarelor prin digitalizarea pe ecran și calculul diametrelor;
- Calculul altimetric al drenurilor ținând cont de poziționarea altimetrică a colectoarelor;
- Calculul și editarea listingului;
- Accesul la monitorul „desen” (2).

MONITOR 2: Monitorul fazei de desen a proiectului:

- Înlănțuirea colectoarelor;
- Generarea fișierului desen proiect;
- Generarea fișierului desen profil;
- Desenarea pe plotter;
- Accesul la monitorul „proiect” (1).

4. *Funcțiile diferitelor module. Crearea planimetrică a proiectului prin digitalizare.*

Proiectantul își stabilește ante-proiectul pe digitalizor poziționând punctul de origine apoi: două puncte corespunzând direcției axei X și apoi inițializează o evidență a digitalizorului. Marcarea unei căsuțe din această evidență indică sfârșitul unei secvențe de digitalizare pe puncte și selecția uneia din funcțiile programului de creare planimetrică.

*Funcțiuni disponibile:*

- crearea de colectoare;
- suprimarea de colectoare;
- crearea de drenuri în interiorul unui sector prin digitalizarea colectorului de bază, a conturului selectorului, de la un punct de trecere a unui dren și de la un vector direcție;
- crearea unui dren singular (exemplu: drenul de centură);
- suprimarea de dren singular sau din sector;
- crearea și suprimarea de vizualizări pe ecran;
- desenarea pe ecran a proiectului existent;
- revenirea în monitorul proiect.

Vizualizarea simultană a elementelor create sau suprimate permite proiectantului să verifice bunul mers al proiectului.

*Calculul altimetric al drenurilor în funcție de terenul natural.* Proiectantul introduce condițiile de pantă minimă, pantă maximă și adâncime minimă a drenurilor.

Programul urmărește terenul natural de-a lungul drenului. El calculează o pantă medie și verifică dacă aceasta este cuprinsă între limitele indicate de proiectant.

Dacă nu se încadrează în aceste limite, programul adoptă valoarea limită cea mai apropiată.

Panta drenului fiind astfel fixată, programul decalculează drenul de adâncime minimă indicată de proiectant în locul cel mai restrictiv al profilului.

*Poziționarea altimetrică a colectoarelor prin digitalizare pe ecran și calculul diametrelor.* Proiectantul digitalizează pe ecran poziția colectoarelor tronson cu tronson, având în vedere profilul terenului natural, intrările drenurilor în axul colectorului și eventualele colectoare, în amonte sau în aval, deja calculate.

Siguranța obligă proiectantul să calculeze colectoarele începând cu tronsoanele din amonte, pentru acumularea debitelor (programul calculează lungimea drenului; proiectantul introduce debitul caracteristic raportat la metru linear de dren).

Poziția altimetrică a colectorului, calculul prin program al debitului de tranzit, în orice punct al colectorului, permite să se indice în mod precis proiectantului diametrul necesar ales, în gama de diametre standard, ca și punctele de schimbare de diametru. Desigur, utilizatorul păstrează posibilitatea sub- sau supradimensionării colectorului.

Pentru calculul diametrului se utilizează formula Manning-Strickler:

$$Q = K \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

Din motive economice este interesant să se ia în considerare tronsoanele necesare aceluiași colector ca fiind complet pline:

$$\text{Cu } K = 70; A = \frac{\pi D^2}{4}; R = \frac{D}{4}, \text{ se obține:}$$

$$Q = 2,182 \cdot 10^{-4} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

în care:

$Q$  – debitul (l/s);

$D$  – diametrul (mm).

Observație: definiția slabă a ecranului de 256 x 256 puncte permite o precizare de 5 cm în altimetrie, ceea ce e considerat suficient. În plus, în cursul digitalizării punctelor, e posibil să se ceară în fiecare moment coordonatele punctului curent, ceea ce permite respectarea unor cote precise (derivații, puncte de trecere obligatorii).

*Calculul altimetric al drenurilor ținând cont de poziționarea altimetrică a colectoarelor*

Acest model are drept scop aducerea extremității drenului pe colector. El urmărește automat terenul natural în axa drenului și calculează poziția acestuia din urmă respectând condițiile de pantă minimă și maximă



fixate de proiectant. El permite editarea unui tabel de rezultate: adâncimea minimă, adâncimea maximă, lungimea, panta.

*Calculul și editarea listingului.* Programul calculează și editează tronson cu tronson, lungimea drenului și a colectorului pe tranșe de diametre, ca și lungimea colectorului în supra-adâncime, valoare de la care pornind se cere o plus valoare pentru poziționare.

Programul editează în final o recapitulare pentru întregul șantier (v. fig. 5.4), cu: înlănțuirea colectoarelor, fișierelor desen proiect, desen profil, desen de plotter.

– Înlănțuirea colectoarelor: e necesar, înainte de generarea unui fișier desen, de a înlănțui colectoarele. Aceasta este o operație automată ce are drept scop clasarea sistematică a tronsoanelor: Colectorul A, Colectorul B...

– Generarea fișierului pentru desen proiect: utilizatorul alege opțiunile de desen, ca: scara de raportare – sediul a X tabele, desenul pe spatele suportului înainte de lansarea fișierului desen al planului proiect.

– Generarea fișierului desen profil. Datele de introdus sunt: scara pentru X, scara pentru Z, lățimea de trasare. Programul generează apoi fișierul de desen al profilelor în lungul colectoarelor cu paginarea automată a acestora în funcție de lățimea mesei de trasare.

– Desenul de plotter. Acest program permite lectura diferitelor fișiere de desen și redarea pe masa de trasare:

- desenul curbelor de nivel;
- desenul planului proiect;
- desenul profilelor.

*5. Performanțele și limitele utilizării programului.* Suprafața maximă ce se poate trata într-un singur bloc este de ordinul a 40 ha, valoare limită impusă de programul curbelor de nivel.

Numărul de tronsoane colector este limitat la 30, fiecare tronson planimetric putând fi el însuși divizat în 5 elemente altimetrice în funcție de profilul terenului natural. Numărul maxim de drenuri este de 2.400, fiecare dren putând fi constituit din unul sau două segmente în cazul drenului de centură.

Intervalul (timpul) necesar pentru realizarea completă a unui proiect de drenaj cu ajutorul acestei scheme logice depinde de mai mulți factori: experiența proiectantului, buna cunoaștere a programului, dificultatea proiectului.

În orice caz, în ipoteza că fi-

șierul curbelor de nivel este deja generat, un maxim de 5-6 ore este necesar pentru calculul unui proiect de circa 40 ha, acest interval de timp incluzând editarea diferitelor piese; listing – plan proiect – profile longitudinale.

Utilizarea acestui program permite un important câștig de timp, în faza de calcul a proiectului.

Operația de calcul a modelului terenului natural rămâne faza cea mai încheată, dar îmbunătățirile recente privitoare la automatizarea lanțului de operații permit evitarea intervenției utilizatorului în cursul calculului.

Alt interes rezidă în posibilitatea ameliorării calității proiectului. Dintr-un studiu clasic nu poate rezulta poziționarea fiecărui dren, având în vedere profilul terenului natural corespunzător.

Organigrama drenajului face acest lucru, fără intervenția proiectantului, dacă nu se introduc restricții de pante și de adâncimi.

În sfârșit, calitatea materialului grafic rezultat, caracterul numeric al fiecărui element al proiectului sunt, de asemenea, avantaje neneglijabile.

În figura 1.80 se redă (după Daniel de Boni, CNETGEF, 1981) planul unui proiect de drenaj rezultat prin valorificarea „Schemei logice a drenajului în Geosysteme”.

Se pot urmări: sectoarele de drenaj și colectoarele ce le deserveșc (A, B, C, D), cu diametrele, pantele și punctele de racordare a drenurilor absorbante; drenurile absorbante cu numerotare, lungimi, pante și direcții de scurgere.

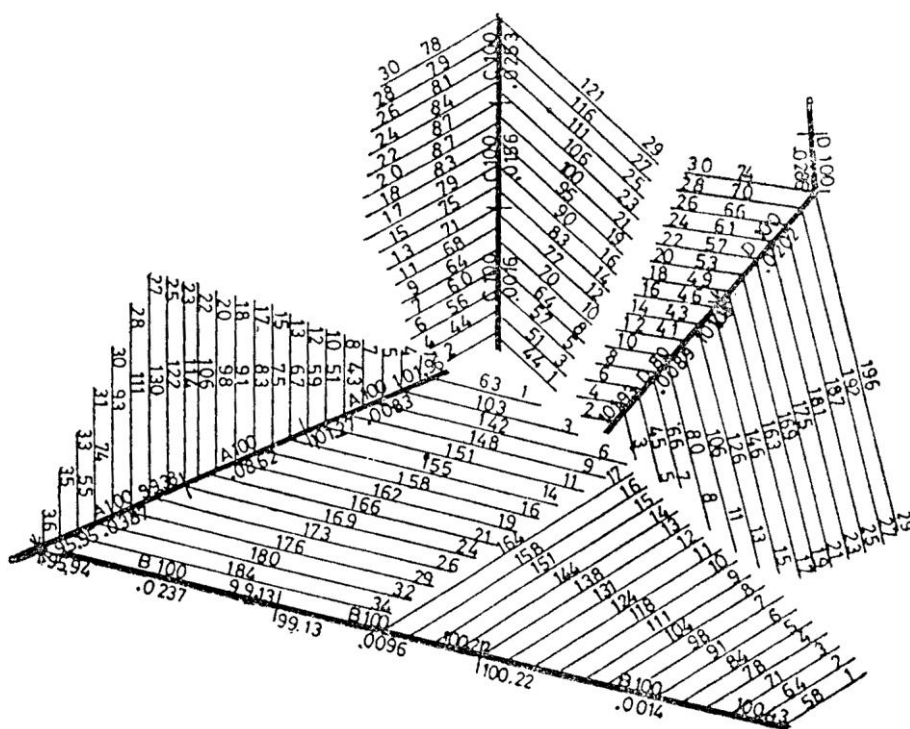


Fig. 1.80. Planul proiectului de drenaj. Sc: 1/2000.

### 1.5.1.3. Date informative despre sistemul GEOSYSTEME

Géosystème cuprinde pachete de programe bazate pe o bancă de date, care include atât fișiere de puncte cât și fișiere de date/elemente, permițând concatenarea (juxtapunere) unor calcule diferite precum și o prelucrare diferențiată pe 10 nivele.

Aplicarea și operarea manuală se poate face pentru fiecare program. Instalarea, întreținerea și aducerea la zi, precum și pregătirea operatorilor se face de către C.N.E.T.G.E.F.

Softul este proiectat în mod special pentru a putea fi utilizat de nespecialiști, cu facilități de editare multiplă la input-ul datelor și în fazele de calcul.

Géosystème este un sistem evoluat grafic – interactiv de supraveghere (topografică), proiectare, aplicații de management, procesare de texte și teleprelucrare pe calculatorul MICRAL-80.

– Pachetele soft pentru supraveghere-măsurători și proiectare se referă la: triangulație; traverse, transformări de coordonate, calcule geometrice, calcule de detalii punctuale, plottere (grafic); calculul parcelării terenurilor; reprezentarea grafică (hotare, perimetre, loturi, transferuri); formarea caracterelor (desene tematiche, pe 10 niveluri, caractere și simboluri); modele/ contururi digitale (numerice) de terenuri și linii; profile longitudinale și transversale; linii electrice; drenaje; utilități.

Programele de calculator pentru drenaje se referă la:

- drenurile colectoare (în plan și în două dimensiuni);
- desfășurarea drenajului;
- panta drenurilor;
- calculul hidraulic și localizarea colectoarelor (colectorul principal);
- ajustarea poziției drenului;
- evaluarea prețurilor;
- proiectarea și output-ul de profil, în tabele pentru trasarea grafică;

Programele de calculator pentru utilități se referă la:

- dimensionarea drumurilor; excavații minime și ramblee;
- factorii limitatori legați de protecția mediului și salubritate (calculul rețelelor sanitare, instalații auxiliare, prețuri, proiecte).

Toate programele sunt proiectate pentru aplicații în cadrul Géosystème utilizând mini-diskette sau „discuri de masă”.

Pachetele de programe pentru Management se referă la: calcule generale (planificare debit/credit); state de plată; costuri; facturi; înregistrări.

Pachetele soft se mai referă la: prelucrarea textelor; microtextul; funcțiuni principale și teleprelucrare

(transferul datelor și fișierelor; intrarea datelor înregistrate pe MICRAL-80, comunicări între MICRAL-80 și MICRAL; comunicări între MICRAL-80 și alte calculatoare).

MICRAL-80 este proiectat pentru a efectua teleprelucrarea datelor conectate la alt calculator sau terminal. Toate procedurile de teletransmisie (BSC, TMMX-25 și asincronă) sunt conexe în sistem prin programe în limbaje avansate.

În alcătuirea sistemului interactiv Géosystème se utilizează microcalculatorul de tip MICRAL 80 împreună cu programele CNETGEF. Acesta acoperă gama cea mai largă de microcalculatoare de la 80-21 monostation, până la 80-55 multistation, care poate încorpora până la 4 terminale, 2 unități de disk cu o capacitate individuală de memorie de 20 milioane caractere; 2 imprimante și o unitate de bandă magnetică (tab. 1.13 și fig. 1.81).

**Tabelul 1.13.** Versiunile mono stație 80-21 și 80-30

MICRAL	80-21	80-30
Unitate centrală Z <sub>80</sub>	64 Ko	64 Ko
Periferie mini-floppy		
Model B	2x280 Ko	2x280 Ko
Model C	2x600 Ko	2x600 Ko
Model D	600 Ko + 6 Mo	600 Ko + 5 Mo
Unitate de disc	nu	2x10 Mo 2x20 Mo
Display	profesional 24 linii x 80 car	profesional 16 linii x 64 car
Opțiune grafică	640x288 puncte color	256x256 puncte
Imprimante	20-160 caractere 80 sau 132 coloane	20-160 caractere 80 sau 132 coloane
Comunicații de date	asincrone	asincron sincron
Porturi input/output – RS 232 C/V24		
Digitizor	da	da
Plotter	da	da

Géosystème permite obținerea unor planuri pentru drenaje, ca: sectoare, loturi, profile, drenuri, colectoare după toate tipurile de tabele grafice.

#### NOTĂ

Structura Géosystème – aferentă proiectării drenajului – poate servi drept *model* pentru întocmirea unui pachet de programe (micro-Soft), în același scop, de către proiectanții și informaticienii de la unitățile de proiectare de specialitate din țară. În ceea ce privește baza materială – sistemele de calcul – fiind în continuă îmbunătățire, poate fi utilizată pentru crearea micro-Soft destinat proiectării drenajului.

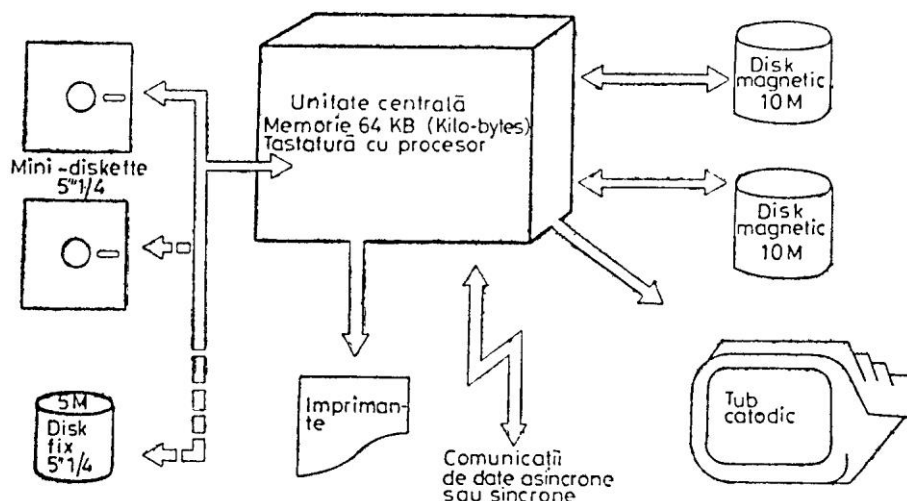


Fig. 1.81. Sistemul MICRAL 80.

### 1.5.2. MATERIALE ȘI TEHNOLOGII DE DRENAJ CU PARAMETRI RIDICAȚI

Un rol determinant în ridicarea randamentului și eficienței drenajului îl constituie și materialul de drenaj: *drenul* cu piesele de legătură și *filtrul* care, în amenajările moderne, se prezintă în soluția „dren PVC rîflat pre-îmbrăcat” în uzină, după diverse procedee (ex. Oltmanns, Bidim ș.a.).

Drenurile, filtrele și piesele de legătură din materiale plastice, înscriindu-se în ceea ce numim „drenaj modern cu parametri ridicați”, permițând și totala mecanizare în toate fazele, inclusiv pozarea în teren, în cele ce urmează se vor face o serie de referiri la acestea.

#### 1.5.2.1. Drenuri și filtre din materiale plastice și tehnici de amenajare pentru: drenaj, drenaj-irigare, epandaj

Multipla folosință a drenajului – (în desecarea propriu-zisă, în irigarea subterană, în împrăștierea apelor uzate menajere ș.a.) – impune dezvoltarea unor materiale și tehnologii noi, în care se înscriu foarte bine drenurile din materiale sintetice – cu sau fără filtru montat direct.

Caracteristicile tuburilor și pieselor de legătură sunt specifice folosințelor. Astfel:

1. Pentru *drenajul* propriu-zis se folosesc în tehnica modernă drenuri rîflate din PVC pre-îmbrăcate în uzinare (cu filtru), după diverse procedee (ex. hot-melt, în cazul filtrului Bidim). Acest tip de dren cu filtru se pretează perfect la totala mecanizare a proceselor tehnologice de pozare în teren (fig. 1.82).

Tehnica curentă a drenajului – precum cea din țara noastră – folosește drenaj din PVC rîflat, fără filtru, procesul tehnologic de pozare nediferențindu-se prea mult de cel al drenajului clasic cu tuburi din ceramică.

În tehnica modernă a drenajului și piesele de legătură sunt tot din PVC.

2. Pentru sistemele de funcționare dublă „*drenaj-irigare*” se pot folosi aceleași tipuri de drenuri din PVC rîflat.

3. Pentru *epandaj* individual sau colectiv (răspândirea apelor uzate locale, pentru epurare), tehnica modernă a asanării valorifică tuburi din PVC neplastifiat foarte rezistente (mecanic și chimic), realizate în soluții tip *Epantuh*.

Tehnica drenajului având un rol determinant în reușita amenajărilor hidrotehnice complexe, respectiv a efectului social-economic

al schemelor hidrotehnice, se vor prezenta în continuare câteva aspecte tehnice și tehnologice privind materialele de drenaj – în soluții noi de realizare (drenuri, filtre și piese de legătură) pentru diverse folosințe (drenaj, drenaj-irigare – fig. 1.83 și epandaj).

– În *cazul drenajului*, ca și pentru sistemele de funcționare dublă (irigații drenaje), se folosesc *drenuri rîflate din PVC*.

– Dimensiunile curente ale tuburilor de drenaj rîflat din PVC, conform normelor NFU 51-101 pentru drenajul agricol sunt date în tabelul 1.14.

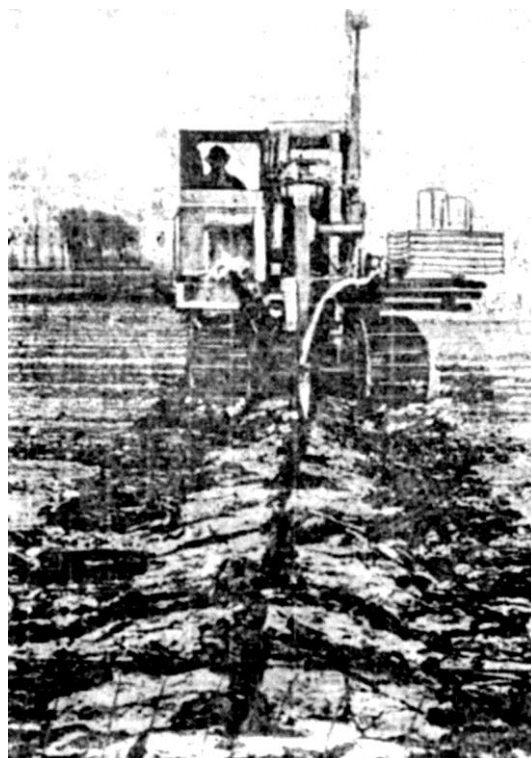


Fig. 1.82. Execuția drenajului prin pozare directă a liniei de dren din PVC rîflat.

– Caracteristicile mecanice ale drenurilor riflate sunt verificate prin teste de rezistență la: șocuri (norme NFU 51-151 și NFU 51-158), strivire (norme NFU 51-152) și tracțiune (norme NFU 51-155, pentru diametre de peste 72/80).

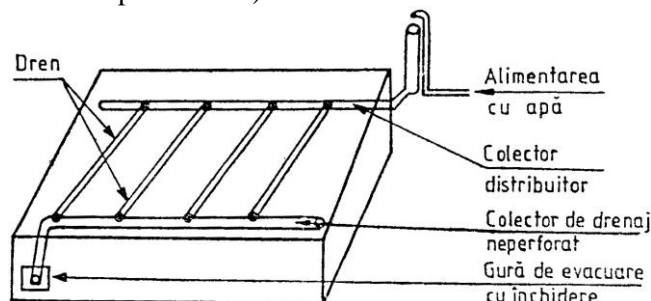


Fig. 1.83. Rețea de irigare-drenaj cu alimentare prin amonte.

Tabelul 1.14. Dimensiunile drenurilor riflate PVC

Dimensiuni nominale (mm)	44/50		58/65		72/80		91/100		115/125		148/160		182/200	
Diametru interior	44	+2 0	58	+2 0	72	+2 0	91	+2 0	115	+2,5 0	148	+2,5 0	182	+2,5 0
Diametru exterior mediu	50	+0,5 -1,5	65	+0,5 -1,5	80	+0,5 -1,5	100	+0,5 -1,5	125	+0,5 -2	160	+0,5 -2	200	+0,5 -2

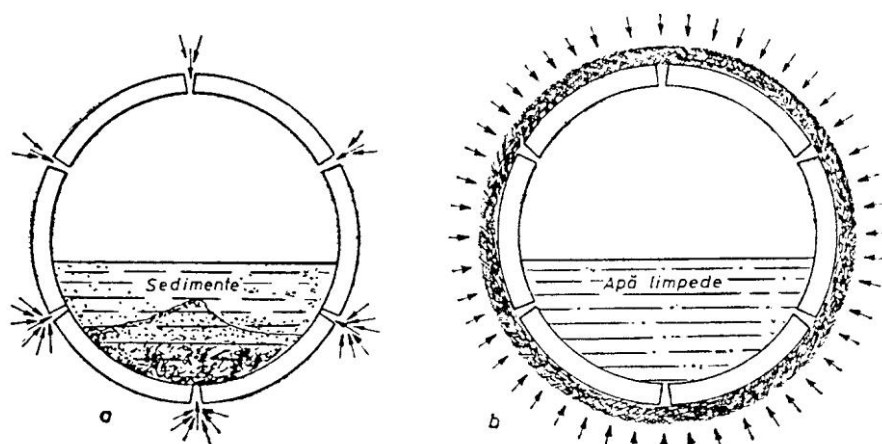


Fig. 1.84. Dren riflat din PVC: a – dren neacoperit; suprafața de pătrundere a apei: 20 cm²/m; b – dren cu filtru; suprafața de pătrundere a apei: 2.000 cm²/m.

Diametrul exterior, dren (mm)	Diametrul minim de anulare (mm)
50	500
65	500
80	600
100	700
125	750
160 – 200	1000

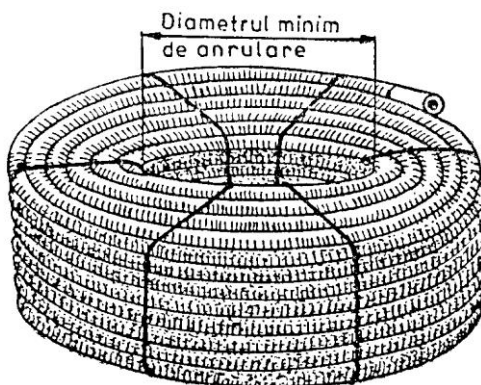


Fig. 1.85. Diametrul minim de anulare, funcție de diametrul exterior al drenului.

– Suprafața totală a perforațiilor trebuie să fie de minimum 20 cm² pe metru linear de dren (norme NFU 51-154, NFU 51-151).

Suprafața perforațiilor (de 20 cm²/ml) în cazul drenului neacoperit de filtru nu trebuie confundată cu suprafața totală de acces, pe care o prezintă drenul acoperit de filtru și care poate fi de circa 2.000 cm²/ml (fig. 1.84).

– Drenurile riflate absorbante – (diametre 50 și 65 mm) – se livrează în role de 250, 200 și 150 m.

– Drenurile colectoare – (diametre 80-200 mm) – se livrează în role de 150-40 m.

– Diametrul minim al rolei este dat în figura 1.85.

– Drenurile riflate reclamă atenție deosebită la transport, descărcare și depozitare, pentru a nu se deteriora, îndeosebi în timpul friguros (la temperaturi sub 0°C). Rolele se depozitează în stive de max. 2-3 bucăți și la adăpost de soare și în temperaturii (fig. 1.86).

– Accesoriiile drenurilor PVC riflat se prezintă în fig. 1.87.

În numeroase cazuri impuse de procesul tehnologic de montare în teren, ca și pentru a se evita îmbunătățirea filtrului din pietriș, este recomandabil a se utiliza drenuri pre-îmbrăcate, cu filtru din fibre, sintetice sau naturale.

Atunci când apare pericolul colmatării (terenuri nisipoase sau argiloase, prezența rădăcinilor), folosirea drenurilor riflate PVC pre-îmbrăcate în filtru (v. fig. 1.84) se impune, ca soluție avantajoasă, în prezent.

În solurile puțin coezive (nisipoase și nisipo-argiloase), drenajul fără filtru poate fi compromis prin pătrunderea și sedimentarea în drenuri a particulelor minerale, cuprinse între 20 și 200 microni.

Folosirea drenurilor cu filtre previne acest inconvenient, de colmatare, măbind totodată accesul apei în dren. Studiile întreprinse de sectorul de hidraulică al CTGREF asupra filtrului Bidim arată că, de exemplu, la un dren cu Ø 65 mm, suprafața de pătrundere a apei – în drenul cu filtru – multiplică prin 100 suprafața de pătrundere, în raport cu drenul fără filtru (v. fig. 1.84).

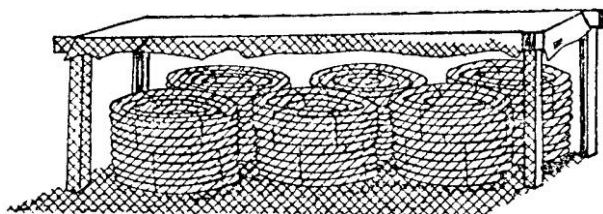


Fig. 1.86. Stocajul rolelor de drenuri riflante din PVC.

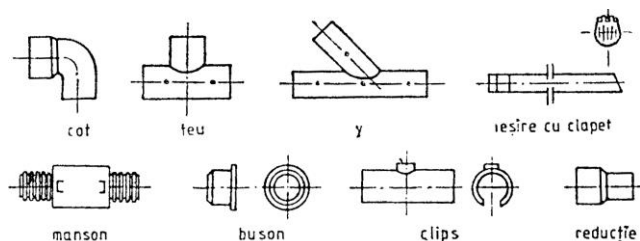


Fig. 1.87. Accesorii dren PVC riflat.

Textura filtrului, în filamente fine, îmbunătățește condițiile de pătrundere a apei spre dren, crescând suprafața drenantă în contact cu pământul.

Filtrul (de tip Bidim, de exemplu), având o bună repartiție a porozității și o grosime suficientă, evită antrenarea particulelor nisipoase și previne astfel colmatarea minerală. Fiind un produs sintetic 100% poliester, nu putrezește și este insensibil la agenții de descompunere naturală, în opoziție cu filtrele organice (paie, cocos etc.). Acest filtru se produce sub formă de bandă, cu dimensiuni variabile după diametrul drenurilor. Astfel, pentru drenurile riflante din PVC (pre-îmbrăcate în uzină, după procedeul hot-melt), banda are următoarele lungimi:

- 200 m, la diametrul drenului de 50 și 65 mm,
- 100 m, la diametrul drenurilor de 80 și 100 mm,
- 50 m, la diametrul drenurilor de 125 și 160 mm.



Fig. 1.88. Dren riflat PVC, cu filtru Oltmanns.

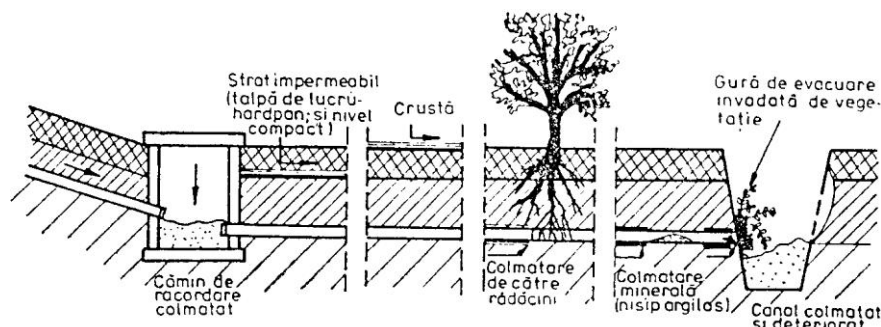


Fig. 1.89. Accidente posibile pe liniile de drenuri fără filtru sau cu filtru organic.

Filtrul din fibre din polypropilen – *filtrul Oltmanns* (fig. 1.88) – unește avantajele hidraulice ale îmbrăcăminții filtrante din fibre de cocos cu rezistența la descompunere a fibrelor sintetice.

În timp ce în solurile, bogate în humus sau în calcar, ca și în cele agricole, cărora li se administrează cantități mari de îngrășământ lichid, filtrele din materiale organice (ex. paie ș.a.) se degradează ușor sub acțiunea microorganismelor, filtrele de tip Aquadrain Oltmanns sunt rezistente.

Accidentele la care pot fi supuse liniile de drenuri fără filtru sau cu filtru organic (fig. 1.89), sunt integral evitate în cazul drenurilor îmbrăcate în benzi de filtre sintetice și echipate cu elemente din materiale plastice.

Racordurile, cuplajele, descărcările ș.a., din materiale plastice (fig. 1.90) înscriu, de asemenea, performanțe ridicate în execuție, iar în exploatare asigură o funcționare bună și de durată.

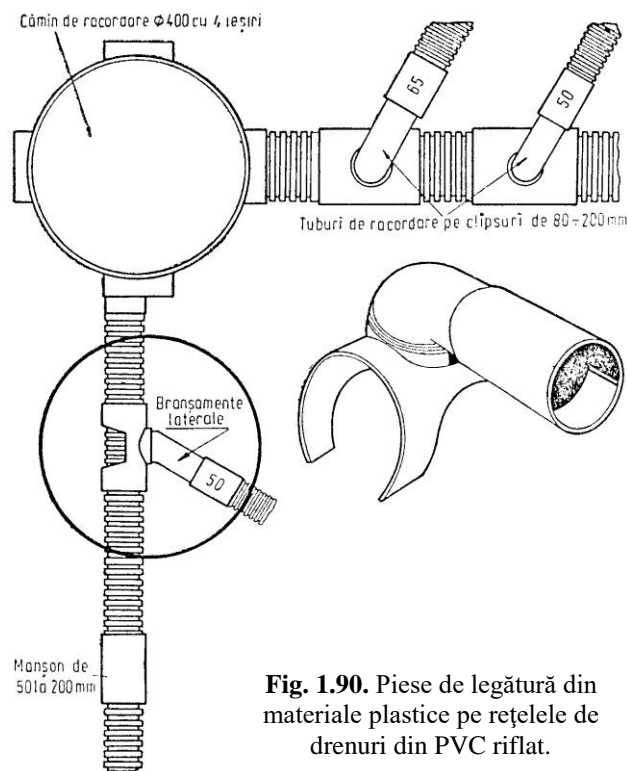


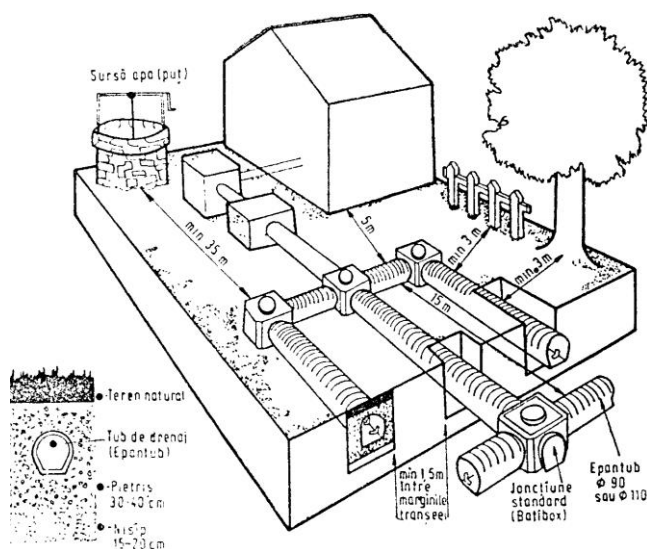
Fig. 1.90. Piese de legătură din materiale plastice pe rețelele de drenuri din PVC riflat.

În tehnica mondială a drenajului, cu folosirea drenurilor riflante din PVC, cu filtre sintetice (pre-îmbrăcate) și cu piese de legătură din mase plastice (inclusiv gurile de evacuare – fig. 1.91) se estimează durata de amortizare financiară la 20 ani, iar cea de amortizare tehnică la 30-40-100 ani și chiar mai mult.

– În cazul asanării individuale sau colective (epandaj) s-a evidențiat soluția prezentată în figura 1.92 pentru terenuri plane.



**Fig. 1.91.** Gură de evacuare a drenului colector din PVC rîflat, protejată cu grătar și nișe.



**Fig. 1.92.** Împrăștierea apelor uzate pe teren plan.

Când permeabilitatea terenului o permite, apele uzate gospodărești pot fi răspândite și filtrate în acest teren, folosind soluția de drenaj înscrisă în figura 1.92, în care se poate urmări:

- Structura și amplasamentul instalației de drenaj pentru epanaj.

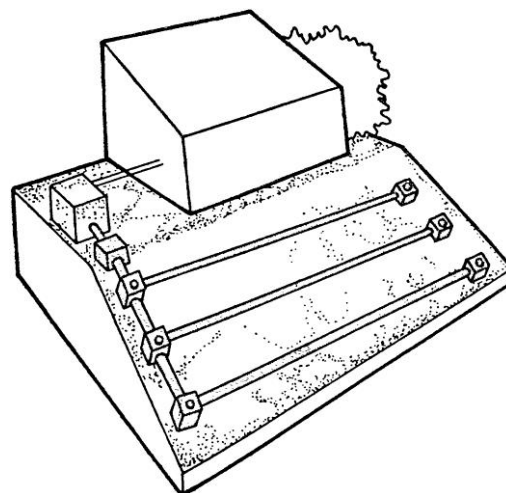
- Adâncimea de amplasare și distanțe minime restrictive față de anumite obiective (surse de apă, locuințe, plantații etc.). Adâncimile se adoptă minim posibile pentru considerentele de permeabilitate și circulația aerului; ambele fiind mai întinse la suprafață.

- Lungimea totală a tranșelor, respectiv a liniilor de drenuri este determinată de capacitatea de filtrare a solului și de talia locuinței. Astfel, pentru o locuință obișnuită și în cazul unui teren cu permeabilitate medie este necesar să se prevadă 3 tranșee de câte 15 metri (suprafața necesară minimă a zonei rezervată pentru

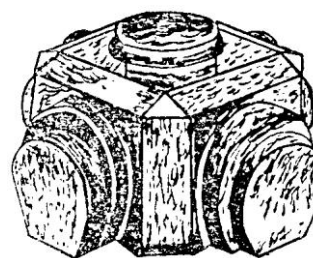
epandaj este, în acest caz, de 150-200 m<sup>2</sup>).

Soluția de împrăștiere a apelor uzate menajere pe terenuri cu pantă mare se dă în figura 1.93.

Toate cuplajele (joncțiunile) se fac prin piese speciale, realizate în sistem universal BATIBOX (fig. 1.94).



**Fig. 1.93.** Epanaj pe teren cu pantă mare.



**Fig. 1.94.** Joncțiuni EPANTUB.

Printr-un joc de cuplaje pe cele 4 fețe se realizează legături în cruce, teu, cot, reducții.

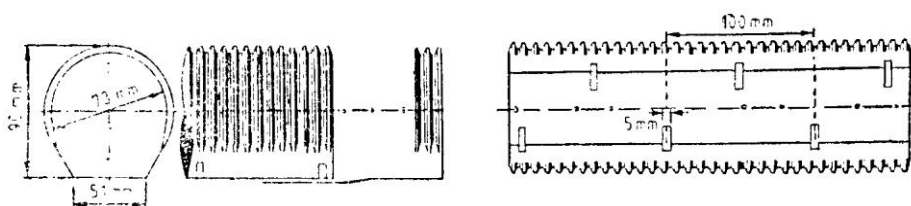
Tuburile de drenaj prin care se realizează epanajul (în soluția EPANTUB), se prezintă ca în fig. 1.95.

Aceste tuburi se fabrică din PVC neplastifiat cu Ø 90 și Ø 110 mm, având forma unui tunel cu cunetă plată, care la partea superioară este inelat.

Materialul de PVC neplastifiat rezistă și la toți agenții chimici naturali conținuți în sol.

Cuneta are o serie de fante special studiate pentru a asigura o bună răspândire a apei (efluentului) în tranșea filtrantă.

Cuplarea tuburilor între ele se face prin manșonare.



**Fig. 1.95.** Tuburi de epanaj tip EPANTUB.

Tuburile din PVC neplastifiat au diametrul de 90 și 110 mm, iar lungimea de 6 m.

Deschiderea orificiilor de distribuție este de 5 mm, asigurând o suprafață de distribuție suficient de mare la metru linear de tub.

Din cele prezentate se reține:

– EPANTUBUL este folosit pentru împrăștierea (epandaj) apei provenită din gospodăria (individuale sau colective) – fose septice, mini și microstații, decantoare etc. – în scop de epurare primară. La aceasta contribuie în foarte mare măsură și grosimea și calitatea filtrului din jurul tubului, care în acest caz se recomandă să fie pietriș (un strat de 30-40 cm).

### 1.5.3. PROBLEMA REDUCERII VOLUMELOR DE TERASAMENTE ȘI BALAST LA DRENAJ

Tehnica drenajului este o consecință a rolului acestuia în:

1° Menținerea nivelului apelor freatice la adâncimi necesare față de suprafața terenului, prin coborârea și evacuarea surplusului (de apă);

2° Ameliorarea caracteristicilor pedologice (textură, structură, grad de aerisire și încălzire, conținut de săruri ș.a.);

3° Sporirea eficienței irigațiilor și a altor măsuri ameliorative.

Soluțiile de drenaj sunt în cea mai mare măsură impuse de cele trei atribuții, (1°, 2°, 3°), corelate cu caracteristicile hidrogeologice ale unității (1) și cu situația tehnico-financiară a beneficiarului (2), astfel:

I. Pentru terenurile interesate la desecare propriu-zisă (1°) și în cazul unei permeabilități satisfăcătoare a solului (față de apă), distanța dintre drenuri, adâncimea de îngropare, forma spectrului hidrodinamic se încadrează în formula obișnuită a drenajului clasic, ilustrată ca în figura 1.96.

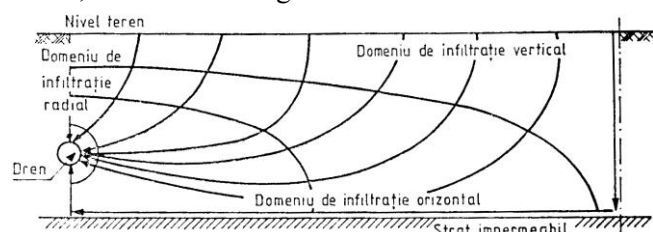


Fig. 1.96. Spectru hidrodinamic.

Această situație este pretabilă „căutării” căilor de reducere a investițiilor pe seama:

- reducerii terasamentelor;
- reducerii materialului filtrant;
- adoptării de raporturi corespunzătoare între distanțele și adâncimile la care se pozează drenurile.

În acest scop se propune adoptarea soluției teh-

nologice de execuție cu echipament tip subsolier folosind ca material de drenaj drenul din PVC riflat îmbrăcat în filtru din material sintetic cu parametrii hidrologici ridicați și rezistent la acțiunea acizilor (ex. filtru din polipropilenă), vezi figura 1.88.

În această variantă se renunță la deschiderea tranșeei și la turnarea filtrului din balast. În schimb sunt necesare:

- mașina de drenaj tip subsolier, Holandrain tip GSX și
- dren din PVC riflat, îmbrăcat în filtre prin uzinare.

Se menționează că această operație se poate realiza și prin utilajul românesc MSD-180, cu unele adaptări și completări.

II. Pentru terenurile interesate la măsuri de bonificare (terenurile grele, salinizate, cu permeabilitate extrem de redusă), drenajul are rol mult mai complex decât în primul caz. De aceea tehnica drenajului este diferită, ca și tehnologia execuției. Pentru acest caz (2°) tehnica mondială recurge, în cazul drenajului orizontal, la două variante:

–  $V_1$  – execuția de tranșee cât mai largi și mai adânci, în care se introduce drenul (tuburi ceramică sau PVC riflat neîmbrăcate) înconjurat (și acoperit) cu un prism gros de balast. Rolul acestor tranșee cu filtru grosier (balast, zgură etc.) este de a asigura o rarefiere a stratului de pământ, cu aerisire și încălzire, concomitent cu infiltrarea apelor (în special a celor de suprafață ca și de stratul superficial mobilizat), figura 1.97.

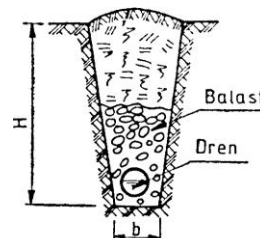


Fig. 1.97. Dren clasic: dren în tranșee, folosind ca filtru balastul.

În această variantă se încadrează și proiectul ISPIF, pentru drenarea terenurilor grele din Lunca Prutului.

Și această situație este pretabilă căutării căilor de reducere a investițiilor pe seama:

- reducerii terasamentelor;
- reducerii materialului filtrant.

În acest scop se impune adaptarea soluției tehnologice de execuție a drenajului prin trei grupe de operații:

- nivelarea terenurilor supuse ameliorării pe parcele cu pantă spre liniile de drenuri și cu mobilizarea stratului activ de sol;
- deschiderea unor tranșee de drenaj cu lățimi



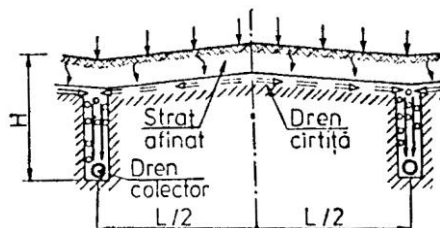
mici ( $b \approx 0,25$  m) și adânci ( $h_d \approx 1-1,2$  m) în care se introduce drenul (PVC riflat simplu) înconjurat într-un prism subțire de balast ( $b \approx 0,25$  m), cu înălțimea de 0,3-0,4 m (până la patul impermeabil de sub stratul de pământ mobilizat), figurile 1.98; 1.99; 1.100;

– completarea cu drenuri cârțiță executate la nivelul stratului impermeabil pe terenurile nesalinizate. Prin drenurile cârțiță se asigură scurgerea apelor locale, ca și a celor rezultate din irigații (neconsumate).

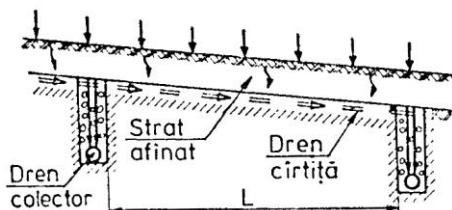
Echipamentul de execuție este diferit de primul caz ( $1^\circ$ ); aici sunt necesare:

- echipamente de nivelare (buldozere ș.a.), și de mobilizare (la 40-60 cm);
- mașini de drenaj tip ETT modificate (cu elinda pentru 25 cm și cu buncăr pentru filtru – balast, zgură);
- subsolier pentru deschiderea galeriilor tip cârțiță (care pot fi consolidate în terenuri salinizate).

Ambele soluții (fig. 1.98 și 1.99) propuse, fiind noutăți în tehnica drenajului, reclamă verificări prealabile în platforme experimentale.



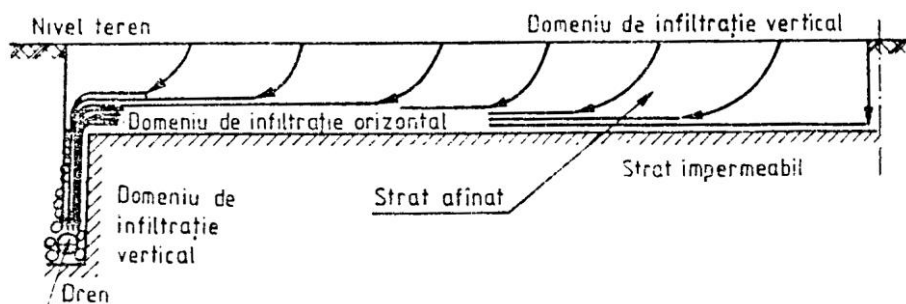
**Fig. 1.99.** Măsurile complexe de ameliorare a solurilor grele salinizate: nivelarea în două pante, mobilizarea stratului de 0,4-0,6 m, drenajul clasic completat cu drenajul cârțiță.



**Fig. 1.100.** Idem figura 1.99, cu nivelare într-o pantă.

#### 1.5.4. MĂSURI SPECIALE DE PROTECȚIE A CANALELOR COLECTOARE MARI DE DRENAJ, CU AJUTORUL MATERIALELOR FILTRANTE SINTETICE

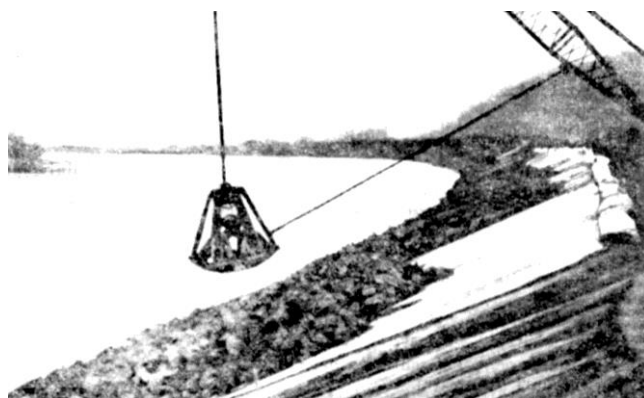
O problemă (dificilă) cu care sunt confrunțați și constructorii de colectoare ale sistemelor mari de drenaj este și aceea a alunecării taluzelor, a refulului de



**Fig. 1.98.** Drenajul și spectrul infiltrației, în soluri grele salinizate.

material din tranșea excavată, a eroziunii taluzelor ș.a.

La canalele mari de desecare, ca și la construcția de căi de apă interioare, baraje, drumuri, construcții de căi ferate, se poate folosi soluția de consolidare cu materiale sintetice filtrante de tipul OLTMANN'S EROLAN, lestate cu piatră lansată cu graifăul (fig. 1.101).



**Fig. 1.101.** Consolidarea unui canal cu filtru geotextil Oltmanns Erolan Filtermatte 850 T, lestat cu piatră.

Produsele Oltmanns Erolan se caracterizează prin proprietăți hidraulice și mecanice ce le diferențiază ca tipuri.

Calitățile acestor geotextile: permeabilitate mare și posibilitatea de a reține particulele de pământ, le fac accesibile în amenajările hidrotehnice cărora trebuie să li se asigure o bună protecție mecanică.

Livrarea acestor materiale se face cu sau fără strat de fibre (fig. 1.102), sub formă de role de diferite dimensiuni (tab. 1.15).

**Tabelul 1.15.** Materialul Erolan, cu sau fără strat de fibre (KS)

Tip	Lățime	Lungimea rolei	Lățimi mai mari	Lungimea rolei
Erolan 850 T	2,08 m	50,00 m	4; 6; 8; 10 m	25,00 m
Erolan 850 T + KS 10 mm	2,08 m	25,00 m	4; 0; 8; 10 m	25,00 m
Erolan 850 T + KS 20 mm	2,08 m	25,00 m	4; 6; 8; 10 m	25,00 m
Erolan 850 T + KS 30 mm	2,08 m	25,00 m	4; 6; 8; 10 m	25,00 m



Fig. 1.102. Erolan Filtermatte 850 T.

Materialul Oltmans Erolan – Filtermatte 850 T are următoarea construcție (fig. 1.103):

- fibre complet sintetice cu țesături de împletire;
- strat de filtrare: polyester;
- țesături de legătură: polypropylen;
- întărire mecanică: prin coasere.

La durabilitate se adaugă și proprietatea de a rezista la agenți chimici și termici.

Proprietățile tehnice ale materialului, atestate de către Comitetul de Stat pentru construcții hidrotehnice BA–Karlsruhe sunt:

- greutatea: circa 835 g/m<sup>2</sup>;
- grosimea stratului: 6,03 mm;
- capacitatea de filtrare:  $K = 2,1 \cdot 10^{-3}$  m/s;

- rezistența la alungire:

- longitudinal 1,80 N/32,4%
- transversal 2,58 N/65,8%;

- flexibilitate: bună;

- rezistența la șoc: bună;

(proba a constat în lansarea unei bare de 30 kg de la înălțimea de 2 m și materialul nu a fost străpuns în nici un loc);

- rezistența la temperatură: până la 170°C;

- rezistența la îndoire: bună (la 80.000 testări).

În figura 1.103 se prezintă diagrama compoziției granulometrice a materialelor la care a fost verificată capacitatea filtrantă a Filtermatt-ului.

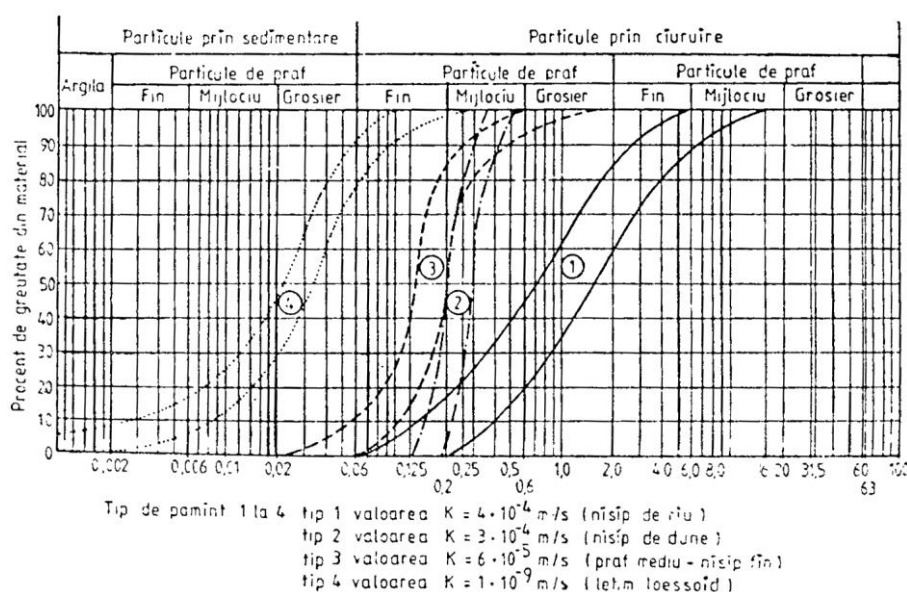


Fig. 1.103. Granulometria celor 4 tipuri de pământ pentru studiul filtrelor.

# RAȚIONALIZĂRI PE LINIE ENERGETICĂ ÎN IRIGAȚII ȘI DRENAJE. EXEMPLE

## 2.1. PROBLEME DE ANSAMBLU CU PRIVIRE LA CONSUMUL DE ENERGIE ÎN IRIGAȚII ȘI DRENAJE

Pentru a estima consumurile specifice de energie (la ha) și totale pe țară din ambele acțiuni „*execuție – amenajare*” și „*exploatare*”, în scopul direcționării căilor de reducere a acestor consumuri, cu titlu informativ se dau următoarele valori:

– **Cu privire la energia înglobată:**

– în *rețeaua de canale* (cu: 20,1 m<sup>3</sup>/ha terasamente săpături și 10,6 m<sup>2</sup>/ha căptușeli beton B 200; având consumuri de energie: la săpături de 1,6 kWh/m<sup>3</sup>, iar la căptușeli betoane B 200 este 627 kWh/m<sup>3</sup>) și în:

– *rețeaua de conducte* (cu 2,82 m/ha premo; 21,0 m/ha-azbo și 46 m<sup>3</sup>/ha-terasamente; având consumuri de energie: 2.260 kWh/t – la tuburile premo, 1.800 kWh/t – la tuburile azbo; cu echivalente · 2,82 m/ha tuburi premo, echivalent Ø 600 mm – revine 0,729 t/ha, iar 21,0 m/ha tuburi azbo la Ø 200 mm care intră în rețea cu greutatea corespunzătoare, revine 0,31 t/ha).

Rezultă că energia înglobată la ha este:

– în rețeaua de canale:

$$32 + 395 = 427 \text{ kWh/ha}$$

– în rețeaua de conducte:

$$1.650 + 558 + 74 = 2.282 \text{ kWh/ha}$$

Total energie înglobată: 2.709 kWh/ha

– **Cu privire la energia de exploatare:**

Consumul de energie în exploatare are loc cu deosebire la stațiile de pompare: aproximativ 53% din consumul total de energie pentru stațiile de bază și repompare (aducțiuni și distribuții) și 47% în amenajările interioare, la stațiile de pompare de punere sub presiune.

În amenajările realizate până în prezent în țară, în cea mai mare parte cu aducțiuni prin pompare (cu o medie a înălțimii de pompare de 66 m), consumul de energie electrică de 53%, în schema hidrotehnică, a fost justificat, apa ridicându-se din râurile cu debite mari (Dunărea, Siret ș.a.).

În amenajările interioare, înălțimile de ridicare la stațiile de pompare și punere sub presiune sunt considerate (I.S.P.I.F.) la 47 m pentru tehnica irigației prin aspersiune și 38,5 m la tehnicile de irigare prin scurgere la suprafață și prin picurare.

Înălțimile medii în orezării sunt de circa 10 m, ca

și în amenajările de desecări-drenaje.

Volumele de apă pompate la irigații se consideră în medie de 3.000 m<sup>3</sup>/ha pentru stațiile de bază și de repompare și de 2.700 m<sup>3</sup>/ha la stațiile de pompare și de punere sub presiune, pentru ambele tehnici principale, de irigare (aspersiunea și scurgerea la suprafață).

Pentru calculul energiei consumate în exploatare ( $E_C$ ) la pomparea totală a apei, necesară a iriga anual un ha, luând în considerare valorile medii:  $M = 3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ,  $H_B = 60 \text{ m}$ ;  $H_{pp} = 70 \text{ m}$ ;  $\eta = 0,7$  și relația de calcul:

$$E_C = \frac{\gamma \cdot M \cdot H}{102 \cdot \eta \cdot 3600} \text{ kWh/ha}$$

rezultă:

– pentru aducțiune,  $E_{Ca} = 704 \text{ kWh/ha}$  și an,

– pentru pompare și punere sub presiune (la aspersiune) în rețea,  $E_{C_{pp}} = 817 \text{ kWh/ha} \cdot \text{an}$ .

Deci consumul total de energie pentru irigarea anuală a unui ha, la care apa se aduce numai prin pompare (de la sursă și până la aspersare) se ridică la  $704 + 817 = 1.521 \text{ kWh/ha}$  și an pentru condițiile date.

Dacă estimările de mai sus s-ar extinde la nivelul anului 1995, considerându-se aceleași condiții de amenajare și exploatare pentru cea mai mare parte a amenajărilor de irigații și drenaje din țară, este ușor de înțeles că planul de producție de energie electrică al țării nu ar putea satisface cerințele pentru sectorul nostru decât cu eforturi deosebite.

Pentru acest motiv fundamental, la care se mai adaugă și altele funcție de echipamente, personal etc., se caută soluții, căi, mijloace de a se asigura, pe cât posibil, *independența energetică* a irigațiilor.

Se depun eforturi deosebite în tehnica română, ca și în cea mondială, pe această linie, specialiștii concentrându-și atenția pe diverse aspecte:

– creșterea randamentelor sistemelor și echipamentelor de transport (apă, energie);

– reducerea consumatorilor (volumelor) de apă în sistemele de irigații, respectiv drenaje și refolosirii apei;

– optimizarea consumurilor, dimensionărilor și funcționărilor instalațiilor de pompare, rețelelor de conducte (canale) și echipamentelor de distribuție a apei (până la plantă);

– pe linia materialelor (fabricate, prefabricate) înglobate în amenajare, sau pe linia înlocuirii unor

materiale energointensive sau deficitare prin alte materiale sau procedee tehnologice;

- pe linia utilajelor și echipamentelor de execuție, pentru terasamente, betoane, nivelări, drenaje etc.

- dezvoltarea unor aparate și dispozitive de mare randament și eficiență în distribuirea apei la plantă și numai în zona strict folosibilă;

- dezvoltarea unor noi tehnici de irigare cu consumuri foarte mici de apă și energie, valorificând-o (apa) în faza de suțiu sau condens etc.;

- alți specialiști își concentrează atenția asupra concepției unui alt gen de soluții hidrotehnice, în care irigațiile să se coreleze cu alte activități teritoriale, sau bazinale, în scheme gravitaționale complexe ș.a.m.d.;

- atenție din ce în ce mai mare se acordă (după 1980) valorificării energiei regenerabile (forța vântului, energia geotermală, lumina soarelui), care poate fi folosită cu succes și în irigații și desecări.

Pentru aceasta sunt necesare:

- studii pe linia reducerii consumurilor tehnologice de energie înglobată;

- studii pe linia consumurilor de energie în exploatare ș.a.m.d., rezolvările fiind posibile și în faze prealabile elaborării soluțiilor proiectului, în etapa de proiectare, precum și în etapele următoare, de șantier și exploatare.

În orice etapă și orice gen de contribuție pe linia reducerii consumurilor de energie (ca și de apă) sunt binevenite.

În lucrarea de față atenția se va concentra cu privire la „căile de reducere a consumului de energie de exploatare”, acestea grevând în mod deosebit economia unităților beneficiare.

Soluțiile ce le aducem în discuție, cu exemplificări din tehnica mondială, urmăresc fixarea unor criterii și concepții care să conducă și la reducerea consumului de energie, dar și în primul rând la „independența energetică” a irigațiilor și chiar la „producerea de energie”, prin adoptarea de scheme hidrotehnice complexe și gravitaționale fără a se neglija problema strategiei energetice ce vizează și energia regenerabilă.

Deci materialul ce urmează vizează soluții realizate în cele mai frecvente cazuri:

*Pentru reducerea consumului de energie (de exploatare) prin (2.2):*

- soluții de amplasare a centrelor de priză, în cazul unor prize noi;

- soluții de pompări pe zone, cu canale și bazine intermediare zonale și soluții de optimizarea pompării

\* Prin noțiunea de independență energetică nu se exclud pompările și repompările în cadrul schemei hidrotehnice, însă energia necesară pentru acestea va fi obținută local, în interiorul aceleiași scheme, prin microhidrocentrale intercalate în rețeaua de irigație și alte soluții.

apei în plotul de irigație.

*Pentru independență energetică, în exploatare și cu producere de energie, în cazul unor scheme hidrotehnice complexe, gravitaționale realizate (2.3);*

- prin transformarea unor centre de prize vechi prin pompare, în centre de priză de tip gravitațional;

- prin acumulări frontale dominante și transfer interbazinal;

- cu apă din bazinul hidrografic propriu;

- prin conlucrarea resurselor de apă ale întregului teritoriu amenajabil;

- prin interconectarea surselor de apă;

- fără consum de energie din exterior și cu energie neconvențională.

## 2.2. MĂSURI PENTRU REDUCEREA CONSUMULUI DE ENERGIE DE EXPLOATARE, CU EXEMPLE

### 2.2.1. SOLUȚII DE AMPLASARE A CENTRELOR DE PRIZĂ

Pentru a se putea aduce și distribui apa gravitațional pe suprafața irigabilă, sau fără consum mare de energie (în afară de cel reclamat de pulverizare, în cazul aspersiunii) este necesar ca apa, luată din sursă, să fie adusă pe cât posibil în punctul cel mai ridicat al suprafeței (fig. 2.1).

Problema se poate rezolva, din punct de vedere tehnic și economic, în mai multe soluții și variante, în funcție de natura și poziția punctului de alimentare ales.

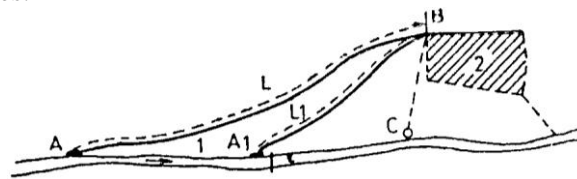


Fig. 2.1. Schema a trei soluții de poziție a prizei și traseului CA (două prin scurgere gravitațională și una prin ridicare mecanică): 1 – râul; 2 – suprafața irigabilă.

În acest caz se evidențiază trei soluții:

- $S_1$ , construirea unui canal de aducțiune cu lungime  $L$  mare și cu pantă  $I$ , cu priză fără baraj  $A$ , într-un sector de râu cu pantă mare  $i$ ;  $i > I$ ;

- $S_{11}$ , construirea unui canal cu lungime mai mică  $L_1 < L$  și cu priză cu baraj  $A_1$ , care supraînalță nivelul apei cu  $h_1$ ;

- $S_{111}$ , construirea unei prize cu ridicare mecanică  $C$ .

Comparându-se cele trei soluții, în ideea aducerii apei în punctul  $B$  de cotă maximă, rezultă costul amenajărilor.

Diferența de cotă  $h$  între cele două puncte  $B$  și  $C$  pentru  $S_1$  este:

$$h = L(i - I)$$

Astfel, lungimea părții inactive a canalului de aducțiune este:

$$L = \frac{h}{i - I}$$

Diferența dintre cotele apei în punctele  $B$  și  $C$  pentru soluția II va fi:

$$(A_1 + h_1 - L_1 I) - (A_1 - L_1 i) = h$$

$$h_1 + L_1(i - I) = h$$

De aici rezultă lungimea  $L_1$  a părții inactive a canalului de aducțiune:

$$L_1 = \frac{h - h_1}{i - I} < L$$

Soluția de mai sus cu baraj prezintă avantajul că reducând lungimea părții inactive a canalului magistral cu  $d = L - L_1$ , se micșorează prin aceasta costul de producție.

Această reducere trebuie comparată însă cu cheltuielile pe care le-ar provoca construcția și exploatarea barajului.

În multe cazuri, nici una din cele două soluții expuse mai sus (cu  $L$  și  $L_1$ ) nu sunt satisfăcătoare și se poate recurge la o soluție mixtă, pentru irigarea întregii suprafețe sau a unei părți din ea. Și în acest caz se întâlnesc două situații (fig. 2.2):

– în punctul  $C$ , lângă râu (1) se instalează o stație de pompare care trimite apa în punctul  $B$ , pentru a iriga întreaga suprafață ( $\omega_1 + \omega$ ), dacă condițiile tehnice și economice motivează aceasta;

– suprafața cea mai înaltă  $\omega_1$  se irigă prin ridicarea mecanică a apei din punctul  $C$  al râului sau din punctul  $D$  al canalului magistral, iar restul suprafeței se irigă gravitațional, prin canalul magistral  $L$ , care pleacă din punctul  $A$  al râului.

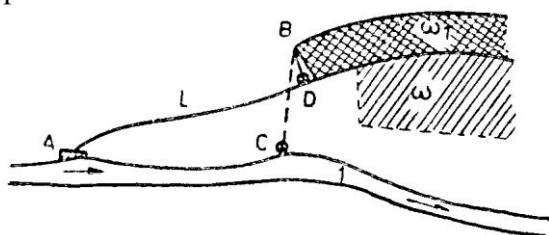


Fig. 2.2. Schema a trei soluții de priză și traseu (două prin ridicare mecanică și una prin scurgere gravitațională).

Soluția adoptată va fi aceea care prezintă superioritate din punct de vedere tehnic și economic.

Din punct de vedere economic, problema se finalizează în ipoteza soluției  $S_1$  în modul următor:

În cazul derivării gravitaționale a apei dintr-un râu, cota de dominație asupra suprafeței de irigat se obține luându-se pentru canalul de aducțiune (CA) o

pantă  $I$  mai mică decât a râului  $i$ .

În ipoteza că poziția și cota primului nod de distribuție de pe CA, sunt fixate, se va stabili poziția locului de priză astfel încât să rezulte un cost minim al părții inactive a CA (între priză și primul nod de distribuție). Cazul se referă la situația când CA este relativ paralel cu râul și locul de amplasare al prizei poate fi oriunde pe râu. Păstrând notațiile din figura 2.1 ( $S_1$ ), deci:  $L$  – lungimea medie (pe CA și pe râu);  $h$  – diferența de nivel între râu și canal, în dreptul primului nod de distribuție ( $B$ ), rezultă:

$$h = L(i - I)$$

sau

$$L = \frac{h}{i - I}$$

Dacă se presupune costul canalului ( $C$ ) proporțional cu secțiunea acestuia ( $A$ ), rezultă:

$$C = K \cdot A \cdot L = K \cdot h \cdot \frac{A}{i - I} \quad (1)$$

$$I = \frac{n^2 \cdot q_m^2}{A^2 \cdot R^3} = \frac{n^2 \cdot q_m^2 \cdot M^{\frac{2}{3}}}{A^{\frac{8}{3}}} \quad (2)$$

în care:

$$M = \frac{A}{R^2} \text{ este coeficientul de formă al canalului.}$$

Considerându-se pentru  $P$  din formula lui Chezy

$$\text{expresia } \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \text{ a lui Manning, se obține } R = \left( \frac{A}{M} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ și}$$

$q_m$  – debitul maxim al canalului.

Făcând înlocuirile rezultă:

$$C = K \cdot h \cdot \frac{A}{i - \frac{n^2 \cdot q_m^2}{A^2 \cdot R^3}}$$

Pentru aflarea minimumului lui  $C$ , derivând și egalând cu 0, rezultă secțiunea  $A$  și panta  $I$  economice, pe care trebuie să le aibă canalul de aducțiune:

$$A = \left( \frac{11}{3} \cdot \frac{n^2 \cdot q_m^2 \cdot M^{\frac{2}{3}}}{i} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (3)$$

$$I = \frac{3}{11} i \quad (4)$$

Tot o problemă economică, mai generală decât precedentă, poate fi pusă pentru întreaga rețea de irigație sau numai pentru rețeaua de aducțiune, în scopul de a căuta panta și secțiunea udată cea mai economică pentru fiecare tronson de canal, prevăzând și includerea de ridicări mecanice sau de căderi motrice.

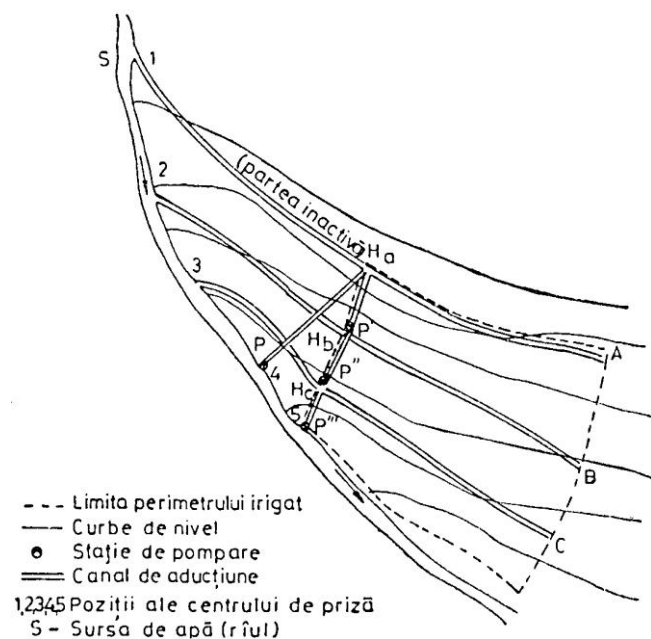
Se acceptă și unele ipoteze simplificatoare. O astfel de simplificare ar fi stabilirea anterioară acestui

calcul a poziției stațiilor de pompare sau a hidrocentralelor.

În acest caz, funcția ce trebuie minimizată va depinde de diferite secțiuni  $A_i$  ale tronsoanelor de canal, iar acestea vor fi legate de investițiile specifice  $B_1$  și  $B_2$  (pentru puterea produsă sau folosită) și de debitele tronsoanelor de canal.

În calcul este necesar să se țină cont de topografia terenului, viteze-limită etc., din care cauză nu se recomandă abordarea problemei în general pe rețele complexe, ci pe porțiuni mai importante.

Variante ale soluțiilor de priză, trasee de aducțiuni gravitaționale și prin pompare, variante de alimentări ale zonelor irigabile se pot urmări și în fig. 2.3.



**Fig. 2.3.** Soluții și variante ale poziției centrului de priză și ale traseelor aducțiunii pentru SI:  $H$  – cote față de râu;  $p$  – presiuni de pompare

## 2.2.2. SOLUȚII DE RIDICARE A APEI PE ZONE, CU CANALE ȘI BAZINE INTERMEDIARE. EXEMPLE

Sursa de apă, prin poziția ei față de suprafața irigabilă, poate influența soluția schemei hidrotehnice a sistemului, dacă nu total, cel puțin în ceea ce privește înălțimea de ridicare a apei și consumul de energie.

În cazul când sursa de apă ocupă o poziție altimetrică joasă, la piciorul versantului suprafeței irigabile, alimentarea cu apă prin pompare se poate face în soluții variate:

- ridicându-se apa la înălțime maximă sau pe zone;
- ridicându-se apa numai în perioada de irigare sau în tot cursul anului etc.

Din acestea derivă numeroase variante de amplasare a rețelilor de aducțiune și distribuție a acumularilor etc.

### 2.2.2.1. Soluții de ridicare a apei pe zone și cu bazine intermediare. Exemple

Tehnica românească, dar și cea mondială oferă câteva exemple reprezentative cu privire la „reducerea consumului de energie”, de exploatare, prin amplasarea prizelor de apă cu pompare și a canalelor de aducțiune-distribuție pe zone altimetrice, cu cote diferite (v. fig. 2.7, a, b, c, d).

Cele două exemple – din România și din Coreea – vor explicita soluțiile tehnice.

1. Exemplu „Amenajarea hidroameliorativă complexă a spațiului Olt-Vedea-Argeș” (v. fig. 2.7 b).

#### Cerințe de amenajare

Necesarul de lucrări de îmbunătățiri funciare în spațiul Olt-Vedea-Argeș, alimentat pentru irigații din râul Olt, este următorul (I.S.P.I.F., 1988):

– irigații	736.610 ha
– desecări	441.000 ha
– drenaj	15.000 ha
– combaterea eroziunii solului	45.000 ha
– regularizări de văi	1.470 km

Resursele de apă ale râurilor dintre Olt și Argeș sunt extrem de reduse, regimul de scurgere al acestora având variații foarte mari, fiind râuri de câmpie, fără bazine de recepție în zona montană și cu grad redus de împădurire.

*Râul Olt* (situat la extremitatea vestică), cu un stoc multianual de circa 5 miliarde mc și cu o distribuție foarte neuniformă în regim natural, poate asigura irigarea suprafeței dominate, de circa 736.000 ha, numai în regim regularizat.

În stadiul actual de amenajare hidroenergetică a râului Olt, pe sectorul Turnu-Dunăre, se pot iriga circa 353.000 ha.

*Bazinul hidrografic* al râului Argeș (situat la extremitatea estică), deși beneficiază de un climat continental moderat mai umed (în zona montană) și are resurse de apă relativ bogate, prezintă totuși variații mari ale regimului de scurgere, datorită succesiunii unor șiruri de ani ploioși și de ani secetoși.

În cadrul bazinului hidrografic al râului Argeș, cea mai importantă cerință o constituie irigarea terenurilor agricole pe o suprafață de cea 543.000 ha (fig. 2.4).

#### Schemă hidrotehnică

În bazinul hidroenergetic Olt, până în prezent sunt realizate sau în curs de execuție 36 acumulări cu un volum util de circa 1.400 mil. mc, din care 500 mil. mc pentru folosințele consumatoare și 910 mil. mc pentru folosința energetică.

Pentru asigurarea irigațiilor (circa (353.000 ha), sunt prevăzute acumulările situate pe râul Olt pe sectorul *Băbeni-Izbiceni*.

Dezvoltarea rapidă a obiectivelor social-economice din bazinul hidrografic Argeș a condus la solicitări de apă.

## Derivatii

- priză gravitațională în digul stâng al acumula-  
rii Drăgănești;
- canal casetat din beton armat, cu o lungime de  
3.1 km;

– canal de legătură de 1,4 km situat pe prima

– stația de repompare (SRP) Drăgănești, cu un debit instalat de 150 mc/sec și înălțimea de pompare 20 m.c.l.;

Lungimea totală a derivației este de circa 102,5 km.

- priză în digul stâng acumulării Ipotești;
- stația de pompare de alimentare Ipotești cu un debit instalat de 25 mc/sec și înălțimea de pompare de 52 m.c.l.;

*Derivația Deleni* are o lungime totală de 38 km și un debit de 28 mc/sec cu două trepte de pompare SPA și SRP Săltănești, cu un  $H_p$  total de circa 100 m.c.l. Preia apa din râul Olt acumularea Strejești și alimentează o suprafață de 62.000 ha, din care 50.850 ha în perimetrul Deleni-Scornicești și restul de hectare în Tătulești-Costești.

La proiectarea canalelor de aducțiune, distribuție și construcții hidrotehnice s-a ținut seama de o serie de factori specifici suprafeței amenajate: configurația generală a terenului; natura terenului de fundare; implicațiile traversării căii ferate București-Craiova; și de

239



anumite deziderate, cum sunt: reducerea lungimii de conducte îngropate; reducerea la minimum a energiei de pompare; posibilitatea de a folosi potențialul hidro-energetic disponibil în racordările de bief; alți factori tehnici și tehnologici, economici.

Pentru alimentarea zonei nordice rezultă necesitatea de pompări și repompări între biefurile canalelor. Pentru zona de sud, situată pe cote mai joase, biefurile canalelor de alimentare necesită pentru înscrierea în teren trepte coborâtoare cu disponibil de energie hidroenergetică.

Schema hidrotehnică este constituită din canale de aducțiune și distribuție de ordinul I și II. Pentru traversarea văilor s-au prevăzut sifoane din tuburi de beton sau oțel.

La stabilirea profilelor longitudinale și secțiunii canalelor s-a urmărit ca rambleele să poată fi executate din pământul săpat în canale, cu transporturi minime, fără a se apela la gropi de împrumut – atât din considerentul de menajare a terenului agricol, cât și datorită faptului că în mare parte pământurile exploatabile din suprafață sunt argile negricioase, inadecvate pentru executarea umpluturilor.

Ținând seama de condițiile agrotehnice și de prevederile instrucțiunilor tehnice, cât și de studiile executate, s-a prevăzut realizarea de la început a captușirii canalelor.

În funcție de mărimea canalelor și de raionarea terenului, după gradul de activitate al pământurilor contractile, s-au prevăzut următoarele tipuri de captușire:

- raioanele I și II, captușite cu dale prefabricate din beton, rostuite cu elastochit (asrobit);
- raioanele III și IV, captușite cu dale prefabricate din beton pe folii.

În zonele de ramblee, etanșarea cu folii este cu atât mai importantă, cu cât materialul argilos din zonă se caracterizează printr-o mare dificultate de compactare.

Atât pentru canale, cât și pentru construcțiile hidrotehnice la execuție sunt necesare măsuri de păstrare a umidității naturale a terenului până la acoperirea cu folii, respectiv beton.

Construcțiile hidrotehnice proiectate pe canalele de irigație sunt: construcții funcționale – stăvilare, descărcători, construcțiile la intersecții cu obstacole naturale sau lucrări ingineresti existente – sifoane, subtraversări, poduri, traversări c.f., traversări conducte țigle etc.

Funcționarea canalelor este concepută cu automatizare locală cu menținerea nivelului amonte în bie-furi la o valoare cvasiconstantă. Realizarea automatizării s-a făcut atât cu vane hidraulice de nivel aval constant, cât și cu stăvilare electrice cu stavile segment

pentru debite și căderi mari.

Terenul de fundare a impus luarea unor măsuri speciale – perne de fundare și umplutură în jurul construcțiilor îngropate din pământ stabilizat cu nisip sau cu lianți minerali pentru eliminarea caracterului contractii.

### Stații de pompare

În schema hidrotehnică s-au prevăzut trei categorii de stații de pompare: de alimentare – direct din sursă, de repompare pe traseele derivațiilor sau canalelor de irigații și de punere sub presiune, cu caracteristici extrem de diferite, funcție de condițiile din teren. De remarcat importanța stației de pompare SPA Drăgănești – unicat din țara noastră – cu un debit instalat de circa 150 mc/sec și premieră în proiectarea și executarea stațiilor de pompare, fiind echipată cu pompe în carcasă din beton armat, ceea ce a dus la importante economii de metal.

Stațiile de punere sub presiune au debite cuprinse între 0,2 mc/sec și 3,1 mc/sec și înălțimi de pompare de 50-70 m.CA pentru aspersiune și 25-40 m.CA pentru irigarea prin brazde.

Consumurile de energie în stațiile de alimentare de pe derivații sunt de circa 0,20 kWh/mc de apă pompată, iar în sistemele de irigație de 0,25-0,28 kWh/mc apă.

*Alimentarea cu energie electrică* a amenajărilor de irigații din acest spațiu implică un spor de putere de 350 MW. Acesta urmează a fi preluat din sistemul energetic național prin linii de 110 kV și stații de transformare de 110/20 kV și 110/6 kV amplasate în zonele de consum. Volumul de lucrări de 110 kV preconizat pentru asigurarea consumului din sistemele de irigație este de circa 220 km linii aeriene de 110 kV simplu și dublu circuit și stații de transformare de 1.110/20 electrice kV și 110/6 kV cu o putere instalată de 560 MVA.

Distribuția energiei electrice în sistemele de irigație se va realiza prin linii electrice aeriene simplu și dublu circuit cu o lungime de circa 2 100 km și prin posturi de transformare de 20/6 KV și 20/0,4 KV cu o putere instalată de 430 MVA.

Atât liniile de 110 kV, cât și cele de 20 kV, se vor amplasa de regulă paralel cu canalele de irigație și cu drumurile de acces în vederea reducerii suprafețelor ocupate de lucrări.

2. Exemplu\*: Sistemele de irigații interconectate *Pyongnam-Kiyang* (Coreea) (fig. 2.5).

Experiența acestei țări este foarte bogată în domeniu, fiind una din țările în care tehnica irigației pe terenurile înalte prin ridicări pe zone, cu canale și acumulări intermediare și interconectate ocupă primele locuri.

\* Poate fi valorificat în interspațiul Mureș – Timiș – Bârza-va (Banat).

O parte din cele 1.700 acumulări (capacitatea de înmagazinare depășind la multe din acestea sute de milioane de  $m^3$ ) sunt echipate și în acest scop hidro-energetic, motiv pentru care se acordă mare atenție poziției altimetrice a prizei de apă. Majoritatea captărilor din acumulatoare sunt de tip „turn” cu mai multe ferestre, cu scopul de a se asigura și calitatea apei (temperatura în primul rând).

Reprezentativ pentru tehnica amenajărilor de mari sisteme de irigații cu consumuri reduse de energie din Coreea sunt soluțiile de *interconectare* a acumulă-

rilor ce constituie resursele de apă, ca de exemplu Iamp Ha, acumulările de pe afluenții din stânga râului Taedong, sistemele Pyongnam și Kiyang, Amnokgang ( $S = 90\,000$  ha).

Pentru corecta înțelegere a acestei concepții vor fi prezentate foarte pe scurt soluțiile generale ale amenajărilor reprezentative:

– *Sistemele de irigații interconectate Pyongnam și Kiyang – Coreea* (fig. 2.5).

Sursa de apă o constituie fluviul Tae Dong, care-și varsă apele în Marea Galbenă, după câteva zeci de kilometri.

Din punct de vedere orografic teritoriul se încadrează într-o zonă de dealuri continuate de câmpii joase, fiind posibile soluțiile de acumulări (gravitaționale și prin pompare), interconectări și distribuții gravitaționale pentru irigații.

Suprafața întregului complex hidrotehnic de irigații interconectat este de 105.000 ha (format din SI Pyongnam, 100.000 ha, și SI Kiyang, 65.000 ha).

Alimentarea cu apă se face prin două centre de priză: primul ( $CP_I$ ) de tip gravitațional, printr-o galerie (tunel) de 4 km lungime, cu  $Q = 40\,m^3/s$  și al doilea ( $CP_{II}$ ), prin pompare, cu 10 agregate cu un debit  $Q = 23\,m^3/s$  și o înălțime de pompare de 13 m, cu o putere instalată de 3.300 kW; stația de repompare are 10 agregate cu  $Q = 22\,m^3/s$ ,  $H_p = 47$  m și  $P_i = 13.300$  kW.

Întreg volumul de apă necesar irigațiilor celor 165 mii ha (ocupate 2/3 cu orez și 1/3 cu porumb și legume) este captat în tot cursul anului prin cele două centre de priză și înmagazinat (gravitațional și prin pompări anuale) în rețeaua de lacuri artificiale, amplasate la cote dominante suprafețelor irigabile. Denumirea, volumul și poziția celor mai importante acumulări sunt înscrise în schița din figura 2.5. Aici se pot urmări și traseele aducțiunilor și distribuțiilor, pompările și repompările, ca și soluția interconectării celor două sisteme „Pyongnam” și „Kiyang”.

Alimentarea cu apă a terenurilor agricole – irigarea se realizează doar pe cale gravitațională; iar tehnicile de irigat sunt: inundarea pentru orez, scurgerea la suprafață pe brazde, în cea mai mare parte, pentru porumb și într-o proporție redusă, aspersiunea, la porumb și legume. Volumul de nivelare este mai mare de  $2.000\,m^3/ha$ . Stațiile de pompare mici (1.500 buc. în SI Kiyang și 1.200 buc. în SI Pyongnam) înscriu puteri specifice instalate

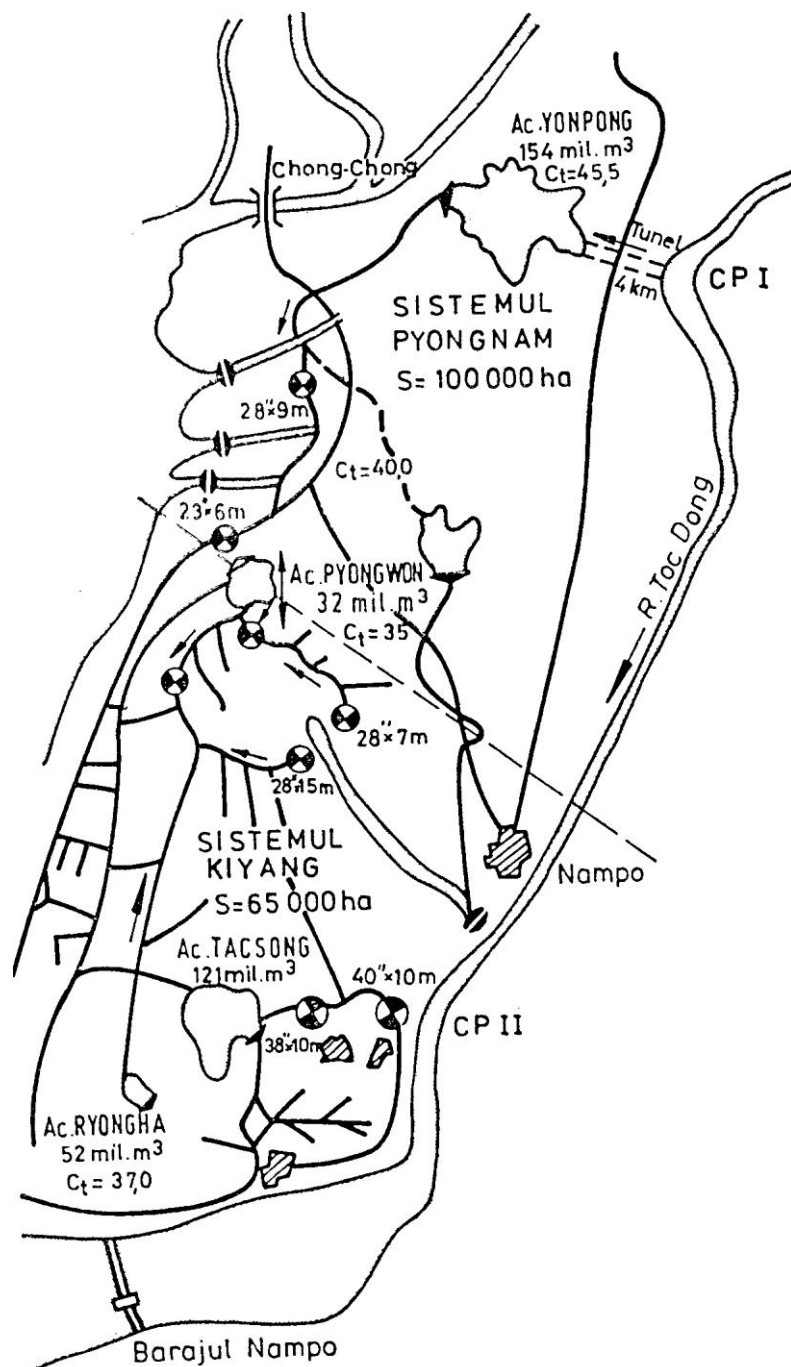


Fig. 2.5. Schița interconectării sistemelor de irigații „Pyongnam” și „Kiyang”, cu pomparea apei pe zone.

de ordinul 1,65 kW/ha și totale 177.900 kW pentru irigații și 23.600 kW pentru desecări.

În interiorul sistemelor de irigații, în afara marilor acumulări sunt sute de mici acumulări alimentate prin pompări sau gravitațional din resursele ce ocupă poziții dominante.

Pentru prevenirea transporturilor de ape sărate marine la flux, amonte pe fluviu Tae Dong și afluenți, s-a executat baraje mobile pe acestea, care constituie ultimele acumulări de apă dulce (ex. Barajul Nampo, vezi figura 2.5).

Incontestabil că asemenea soluții implică și poziții orohidrografice adecvate și tehnici și tehnologii de execuție pretențioase (62 + 32 galerii și tunele de zeci de km lungime; 1.700-10.000 km canale mari de aducțiune – interconexiune și distribuții; 1.500 + 1.200 buc. stații de pompare; peste 80.000 ha nivelări etc).

Irigarea se aplică astfel:

- la porumb 2.000-3.000 m<sup>3</sup>/ha repartizate în 8 udări a circa 300 m<sup>3</sup>/ha în perioada aprilie-iunie;
- la orez norma medie este de 7.000 m<sup>3</sup>/ha.

Exploatarea acestui complex de irigații se face prin „Întreprinderea de exploatare regională”, iar execuția lucrărilor a durat 7 ani.

Sistemele interconectate „Pyongnam” și „Kiyang” sunt considerate ca „Sistem hidrotehnic cu circuit închis”.

Apa barajelor-rezervoare se întrebuințează și în alte scopuri în afară de irigații: producerea de energie electrică, piscicultură, agrement și protecția mediului.

Soluțiile analizate scot în evidență eforturile depuse de specialiști pentru a rezolva două probleme legate de:

- asigurarea debitelor și volumelor de apă în sezonul de irigații, când sursele sunt reduse;
- reducerea consumului de energie prin pompări și repompări, adoptând soluția pompării în tot cursul anului, cu debite reduse, precum și soluția zonării înălțimilor de pompare. Distribuția apei se face concentrat, gravitațional, în sezonul de udare, pe suprafețele dominate de acumulări și de canalele de interconectare și distribuții.

Problemele care se pun în continuare urmăresc fundamentarea tehnico-economică a poziției, volumului și modului de funcționare al bazinului în care se aduce apa (adesea prin pompare), precum și a canalelor de distribuție zonale, în condiții de consum minim de energie.

## 2.2.2.2. Volumul și amplasarea bazinelor (și a canalelor) zonale

La proiectarea și construirea bazinelor de regularizare zonale trebuie avut în vedere:

- capacitatea bazinului; dacă acesta este mare și

urmează să primească apă în tot cursul anului, pentru a avea deci și un rol regulator, condițiile topografice, geologice și hidrogeologice trebuie bine studiate, pentru a vedea dacă sunt potrivite;

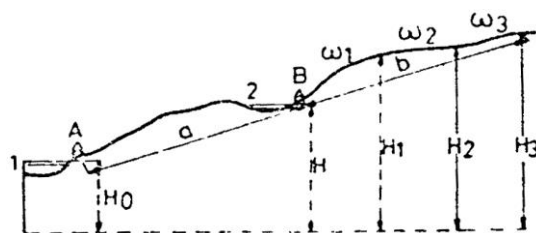
– apa din bazinul de regularizare poate fi folosită la irigație pe două căi – gravitațional, prin scurgere directă din bazin pentru suprafețele așezate mai jos de acesta și prin pompare de sezon, pentru suprafețele așezate mai sus de bazin;

– înălțimea cea mai convenabilă la care se poate amplasa bazinul de regularizare se determină luând în considerație condițiile topografice și geologice impuse, precum și costul minim al ridicării apei de irigat.

### 1° Amplasarea bazinelor

Considerând că înălțimea ( $H$ ) de amplasare a bazinului nu este impusă de condițiile topografice și geologice, pentru a afla cota optimă la care se amplasează, se procedează astfel: se determină costul total ( $K$ ) de ridicare a volumului de apă ( $M\omega$ ) pentru întreaga suprafață de irigat și se pune condiția de a fi minim (derivata I egală cu 0). Se va obține astfel o expresie care va da costul minim de ridicare a apei.

Dacă situația suprafeței de irigat se prezintă ca în figura 2.6, iar  $M$  este norma de irigație, în m<sup>3</sup>/ha:



**Fig. 2.6.** Schema amplasării bazinului de regularizare și a suprafețelor irigate: a) zona de irigație prin scurgere liberă; b) zona de irigație prin ridicare mecanică; 1 – râul; 2 – bazin de regularizare; A, B – stații de pompare.

$\omega$  este suprafața totală de irigat gravitațional și prin pompare, pentru care se ridică apa din sursă prin stația A care funcționează tot timpul anului, în ha;

$H_0$  – nivelul apei din sursă, luat în considerație la determinarea înălțimii manometrice;

$H$  – nivelul apei din bazinul de regularizare (care se ia în funcție de relief și condițiile geologice sau de costul minim;

$C_1$  – costul de ridicare a unui m<sup>3</sup> de apă la înălțimea de 1 m, de către prima stație (A) ce funcționează tot anul. Se ține cont, în afară de cheltuielile de investiție, de exploatare și întreținere și de cheltuielile suplimentare provocate iarna din cauza înghețului, care pot fi destul de ridicate;

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$  – suprafețele din amonte de bazinul de regularizare, care se irigă prin ridicarea mecanică a apei în timpul sezonului de vegetație, prin stația B;

$H_1, H_2, H_3$  – înălțimile de ridicare corespunzătoare suprafețelor  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ ;

$C_2$  – costul ridicării unui  $m^3$  de apă la înălțimea de 1 m, cu ajutorul stațiilor de sezon ( $C_2 > C_1$ ).

În costul ridicării apei (atât la  $C_1$ , cât și la  $C_2$ ) trebuie incluse și cheltuielile anuale ale bazinului de acumulare.

– Volumul ( $V$ ) total anual de apă pe care trebuie să-l ridice stația A este:

$$V = M \omega \quad (5)$$

– Costul ( $K_1$ ) al ridicării întregului volum de apă ( $M \omega$ ) la înălțimea ( $H - H_0$ ) este:

$$K_1 = M \omega (H - H_0) C_1 \quad (6)$$

– Costul ( $K_2$ ) al ridicării apei prin stația de sezon (B) pentru irigarea suprafețelor ( $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ ) este:

$$K_2 = C_2 M \omega_1 (H_1 - H) + C_2 M \omega_2 (H_2 - H) + C_2 M \omega_3 (H_3 - H) \quad (7)$$

– Costul total ( $K_T$ ) al ridicării apei va fi:

$$K_T = K_1 + K_2 = M \omega (H - H_0) C_1 + MC_2 [\omega_1 (H_1 - H) + \omega_2 (H_2 - H) + \omega_3 (H_3 - H)] \quad (8)$$

Pentru a determina acum cota cea mai convenabilă ( $H$ ) de amplasare a bazinului de acumulare, se pune condiția de a obține un cost total ( $K_T$ ) minim. Făcând operațiile și derivând în raport cu  $H$ , se obține expresia (10) care arată condiția de amplasare:

$$K_T = M \omega H C_1 - M \omega H_0 C_1 + MC_2 \omega_1 H_1 - MC_2 \omega_1 H + MC_2 \omega_2 H_2 - MC_2 \omega_2 H + MC_2 \omega_3 H_3 - MC_2 \omega_3 H \quad (9)$$

$$\frac{dK_T}{dH} = M \omega C_1 - MC_2 \omega_1 - MC_2 \omega_2 - MC_2 \omega_3 = 0 \quad (10)$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3}{\omega}$$

Acest raport  $\frac{C_1}{C_2}$  arată cota ( $H$ ) cea mai convenabilă de amplasare a bazinului de regularizare, determinată de costul minim de ridicare a apei.

Cota ( $H$ ) de amplasare a bazinului este aceea care devine suprafața irigabilă în raportul  $\frac{C_1}{C_2}$ .

## 2° Amplasarea canalelor de aducțiune în sistemele de irigații alimentate prin pompare

În calculul și trasarea rețelei de canale se urmărește a se obține, pe cit posibil, o valoare minimă a

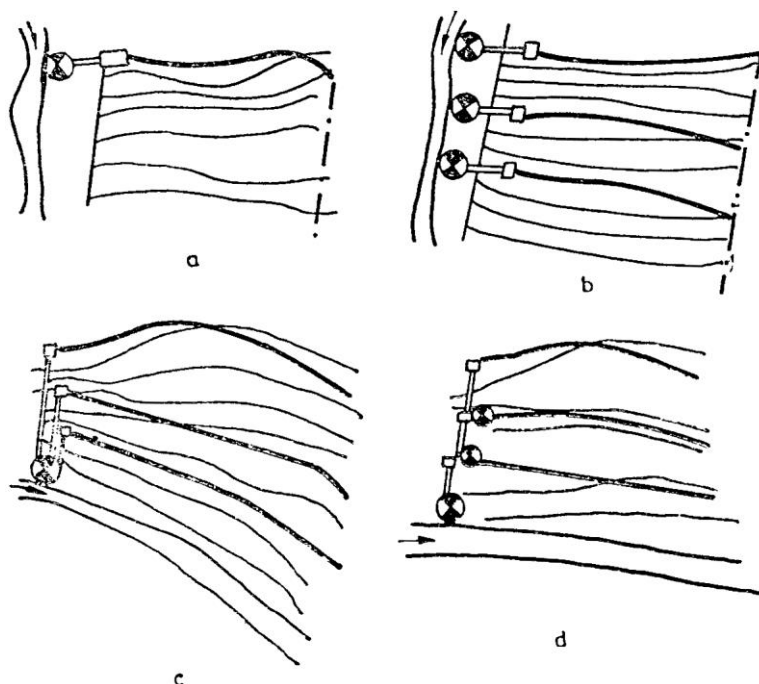


Fig. 2.7. Schemă de principiu privind poziția canalelor zonale, cu înălțimile de ridicare a apei (a, b, c, d).

produsului ( $QH$ ) pentru micșorarea cheltuielilor de investiții și exploatare cu instalațiile de pompare. Aceasta se realizează prin determinarea debitului de consum pe baza graficului hidromodulului coordonat cu hidrograficul râului pentru anul de calcul ales, ceea ce va scuti de a lua apă din sursă în perioadele în care nivelul este minim.

Numai un studiu hidrologic executat și interpretat corect, corespunzător consumului de apă din sistemul de irigație, va asigura înălțimea minimă de ridicare.

În funcție de relief, pantă și alte condiții de ordin tehnic și economic, canalele principale care primesc apa refulată, se pot trasa în mai multe variante.

– *Prima variantă* (fig. 2.7.a). Toată apa se aduce într-un canal care se trasează pe cotele mai înalte ale suprafeței de irigat, canal alimentat de conducta de refulare a stației de pompare situată la sursă.

În acest caz, puterea stației de pompare va fi maximă:

$$P = \frac{\gamma \cdot QH}{75 \cdot \eta} \quad (11)$$

Debitul  $Q$  este determinat în acest caz prin relația:

$$Q = \lambda \cdot \Omega_A \quad (12)$$

unde:

$\lambda$  este hidromodulul coordonat;

$\Omega_A$  – suprafața efectiv irigabilă a întregului asolament;

$H$  – înălțimea manometrică a ridicării apei, egală

cu înălțimea geodezică plus pierderile;

$\eta$  – randamentul stației de pompare.

– *A doua variantă.* Apa este refulată în câteva canale (fig. 2.7.b) care se trasează la diferite cote și fiecare canal este deservit de grupuri de pompare proprii (v. fig. 2.4, Olt-Argeș). În acest caz, suprafața irigabilă este împărțită în zone diferite, fiecare cu alimentarea ei separată. Pentru această variantă se construiesc canale zonale separate, tot astfel și stații de pompare separate așezate, de-a lungul sursei.

Puterea stației de pompare va fi mai mică în acest caz decât în primul, deoarece:

$$QH > Q_1 H_1 + Q_2 H_2 + Q_3 H_3$$

în care:

$Q_1, Q_2$  și  $Q_3$  reprezintă debitul fiecărui canal;

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ , fără a lua în considerație

pierderile;

$H$  – înălțimea manometrică din prima variantă;

$H_1, H_2, H_3$  – înălțimea manometrică de ridicat apa pentru fiecare canal.

– *Variantele a treia și a patra* (fig. 2.7.c și d). Aceste două variante se deosebesc în fond puțin una de cealaltă. În ambele cazuri, suprafața irigabilă este împărțită în zone alimentate fiecare, separat de către un canal, care primește apa ridicată de stații de pompare diferite (stații zonale) – figura 2.7.d, sau de la o singură stație mare, care trimite apa la fiecare canal prin câte o conductă diferită (fig. 2.7.c).

Alegerea uneia sau a celeilalte din aceste variante de alimentare depinde în special de relieful terenului, care determină: lungimea conductelor de refulare, înălțimea de refulare și lungimea canalelor principale. Dacă unitatea de irigat are o pantă bruscă, va fi mai indicată soluția din figura 2.7.c.

– *Varianta a cincea* se aplică în următoarea situație: dacă relieful terenului prezintă o pantă concentrată (bruscă); dacă suprafața irigabilă nu este prea mare și dacă debitul de ridicat este bine coordonat pe graficul hidromodulului, pentru a nu produce vârfuri sau depresiuni în sarcina agregatului. În acest caz ridicarea apei se face de către o singură stație de pompare care, printr-o singură linie de refulare o distribuie între canalele zonale.

Reglarea funcționării pompei se face prin schimbarea numărului de rotații sau prin închiderea parțială a vanei, aceasta, bineînțeles, în limitele randamentului admisibil.

### 2.2.2.3. Calculul economic al ridicării apei în raport cu amplasarea agregatelor la diferite înălțimi

Fiecare din schemele de alimentare expuse mai sus au avantajele și dezavantajele lor. Varianta aleasă

va fi aceea care din punct de vedere tehnic și economic va oferi maximul de avantaje. Problema este destul de anevoioasă și pentru ușurința calculului se dau următoarele indicații:

– puterea totală minimă este, în general, mai mică în cazul când se aleg agregate ce ridică apa pe zone, decât atunci când ridicarea ei se face integral la înălțimea maximă ( $H$ ), pentru a o distribui de acolo, pe cale gravitațională, pe întreaga suprafață de irigat. Aceasta deoarece:

$$QH > \sum Q_i H_i \quad (13)$$

în care:

$Q_i$  este debitul parțial pentru fiecare zonă;

$H_i$  – înălțimea de ridicare parțială, corespunzătoare debitelor  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$

$$Q = \sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

Dacă se presupune că suprafața irigabilă, în pantă, este împărțită în trei zone egale (fig. 2.8) și că stația de jos ( $N_1$ ) ridică debitul  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$  la înălțimea  $H_1$ , că stația ( $N_2$ ) ridică debitul ( $Q_2 + Q_3$ ) la înălțimea ( $H_2 - H_1$ ) și că stația ( $N_3$ ) ridică debitul ( $Q_3$ ) la înălțimea ( $H - H_2$ ), puterea instalației de pompare va fi:

$$P = \frac{\gamma QH}{75\eta} \quad (14)$$

în cazul când apa este integral ridicată la înălțimea maximă ( $h$ ) și

$$P_T = \frac{2}{3}P = \frac{2}{3} \cdot \frac{\gamma QH}{75\eta} \quad (15)$$

în cazul când apa este ridicată pe zone ca în figura 2.8.

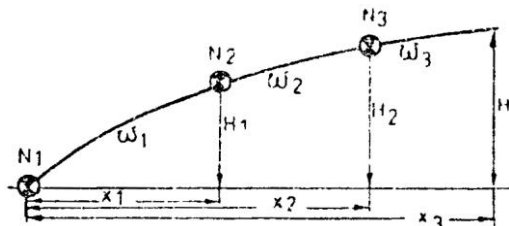


Fig. 2.8. Schema reliefului cu pantă continuă, împărțită în trei zone de irigat.

Această reducere de putere cu 33% este valabilă în cazul când  $H_1 = 0,5 \cdot H_2 = 0,33 \cdot H$ , adică pentru terenuri cu pantă continuă.

La fel, reducerea puterii totale se poate observa și în cazul ridicării pe zone la terenurile cu relief de formă teoretic convexă, concavă și neregulată (cazul al II-lea, cazul al III-lea și cazul al IV-lea).

– în cazul al IV-lea din figura 2.9, dacă terenul prezintă o configurație complexă, cum este de cele mai multe ori cazul în realitate (ex. În Podișul Moldovei sau Dobrogei),  $P_i$  necesară pentru ridicarea apei pe zone se

află prin relația (16):

$$P_t = K[\omega H_1 + (\omega_2 + \omega_3)(H_2 - H_1) + \omega_3(H - H_2)] \quad (16)$$

în care:

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$  reprezintă suprafețele zonale irigabile;  
 $\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$  – suprafața totală efectiv iriga-

bilă;

$H_1, H_2, H$  – cotele la care trebuie ridicată apa;

$$K = \frac{\lambda}{75\eta};$$

$\lambda$  – valoarea hidromodulului sau a debitului specific, în l/s·ha.

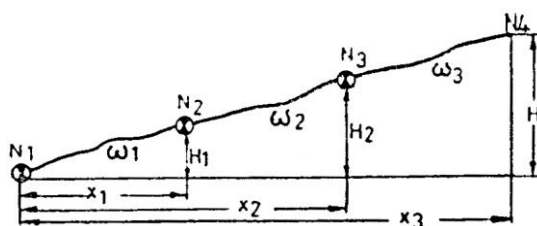


Fig. 2.9. Schema reliefului cu configurație complexă.

Relația găsită (16) nu ne satisface însă, deoarece nu se știe pentru care valori ale lui  $H_1$  și  $H_2$ ,  $P_t$  este minimă.

Pentru a afla acest lucru se procedează astfel:

Relația (16) se mai poate scrie, dezvoltând paranteza:

$$P_t = K(\omega H_1 + \omega_2 H_2 - \omega_2 H_1 + \omega_3 H_2 - \omega_3 H_1 + \omega_3 H - \omega_3 H_2)$$

Reducând termenii asemenea și de semn contrar relația devine:

$$P_t = K(\omega H_1 + \omega_2 H_2 - \omega_2 H_1 - \omega_3 H_1 + \omega_3 H) \quad (17)$$

Scriind primul termen din paranteză:

$$\omega H_1 = \omega_1 H_1 + \omega_2 H_1 + \omega_3 H_1$$

deoarece:

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$$

relația (17) devine:

$$P_t = K(\omega_1 H_1 + \omega_2 H_1 + \omega_3 H_1 + \omega_2 H_2 - \omega_2 H_1 - \omega_3 H_1 + \omega_3 H) \quad (18)$$

La această relație (18) se fac reducerile respective și se obține:

$$P_t = K(\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H) \quad (19)$$

Rezultă deci, că mărimea lui  $P_t$  este în funcție de  $H_1$  și  $H_2$ , adică de cotele la care se așază stațiile de pompare nr. 2 și 3, deoarece  $K$  și  $H$  sunt constante ( $H$  fiind cota maximă până la care se poate ridica apa, adică la care se irigă).

Este necesar deci să se găsească o relație în care să apară evident valoarea lui  $P_t$  minimă. Pentru aceasta se face următorul artificiu:

$$\omega H = \omega_1 H + \omega_2 H + \omega_3 H$$

iar

$$H = H_1 + (H_2 - H_1) + (H - H_2)$$

sau

$$H = H_2 + (H - H_2)$$

și înlocuind pe  $H$  în relația lui  $\omega H$ , se găsește:

$$\begin{aligned} \omega H &= \omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H + \omega_1 (H_2 - H_1) + \\ &+ \omega_1 (H - H_2) + \omega_2 (H - H_2) \end{aligned}$$

Se dă factor comun pe  $(H - H_2)$  între ultimii doi termeni și se obține:

$$\begin{aligned} \omega H &= \omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H + \\ &+ \omega_1 (H_2 - H_1) + (\omega_1 + \omega_2)(H - H_2) \end{aligned} \quad (20)$$

Din relația (20) se poate scoate valoarea termenilor

$$\begin{aligned} \omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H \\ \omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H = \omega H - \\ - [\omega_1 (H_2 - H_1) + (\omega_1 + \omega_2)(H - H_2)] \end{aligned} \quad (21)$$

Membrul întâi reprezintă tocmai valoarea parantezei din relația (19) a puterii:

$$P_t = K(\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H)$$

Înlocuind în relația (19) valoarea găsită (21) devine:

$$P_t = K\{\omega H - [\omega_1 (H_2 - H_1) + (\omega_1 + \omega_2)(H - H_2)]\} \quad (22)$$

Deci (22) este relația care ajută la determinarea puterii totale minime; puterea totală va fi minimă în acel caz în care expresia cuprinsă în al doilea rând de paranteze mari va avea o valoare maximă, deoarece  $\omega H$  este valoarea dată.

Valoarea maximă a expresiei indicate se află în felul următor:

- se determină (prin planimetrare) mărimile suprafețelor utile pentru irigații dirijate de curbele de nivel ale căror cote încep de la  $H$  și mai jos, adică suprafețele dirijate de curbele de nivel;  $H, (H - 1), (H - 2), (H - 3) \dots (H - n)$  și se întocmește un tabel cu acestea;
- cunoscând suprafețele de dirijare și luând diferite valori pentru  $H_2$  și  $H_1$  se obțin valorile produselor  $(\omega_1 + \omega_2)(H - H_2)$  și  $\omega_1 (H_2 - H_1)$  și se totalizează;
- valoarea maximă a sumei obținute va determina cotele  $H_1$  și  $H_2$  care dau minimul de putere totală a stațiilor de pompare zonale.

Cotele astfel obținute ( $H_1$  și  $H_2$ ) nu sunt definitive, deoarece alegerea locurilor de amplasare a stațiilor nu depinde numai de putere, ci și de alte condiții. Locul ales trebuie să corespundă poziției suprafețelor agricole și să asigure: minimul de lungime și deci, de cost al conductelor de aspirație și refulare; condițiile geotehnice necesare pentru construirea stației și instalarea agregatelor; amplasarea corespunzătoare a instalațiilor de priză.

Traseul canalului principal este legat și de locul de amplasare a stației de pompare; de aceea, amplasamentul trebuie astfel ales, încât canalul principal să atingă cote din care să se poată obține cele mai mari suprafețe dirijate utile pentru irigație, la o unitate a înălțimii de ridicare.

Pentru determinarea acestui traseu se întocmesc graficele suprafețelor apte pentru irigație, dirijate de diferitele curbe de nivel.

#### 2.2.2.4. Exemplu de raționalizare a consumului de energie în cazul pompării apei pentru irigații pe terenuri în pantă. Model matematic

##### Condiții generale

Exemplul luat spre analiză folosește următoarele condiții naturale și tehnice:

- terenul are o pantă continuă (fără formațiuni ale eroziunii de adâncime și sectoare de tipul „bot de deal”), fiind situat la limita luncii unui râu interior spre terasa înaltă;
- panta medie a versantului ( $i$ ) este mai mare decât panta piezometrică optimă ( $J_0$ ) a transportului sub presiune realizat prin pompare ( $i > J_0$ );
- aducțiunea apei de la sursă la distribuitor se realizează prin conducta de refulare trasate central pe linia de cea mai mare pantă;
- distribuția se realizează prin conducte de distribuție trasate după curbele de nivel;
- varianta de amenajare considerată: stații de pompare (SP) amplasate „în releu” pentru funcția de aducțiune-ridicare; funcția de transport-distribuție și cea de udare fiind preluate de instalații de punere sub presiune prevăzute în cadrul SP la limita superioară a zonei deservite (fig. 2.10).

##### Modelul matematic. Funcția obiectiv

Pentru raționalizarea consumului de energie, s-a impus definirea unei funcții obiectiv care a fost minimizată printr-un program de calcul automat (O. Alexandrescu).

Funcția obiectiv ce trebuie minimizată are forma inițială:

$$Z = A_I + A_E = \min \quad (23)$$

în care:

$A_I$  reprezintă cheltuielile anuale asociate investite în amenajare, având formula generală:

$$A_{IJ} = a_J \cdot I_J \quad (24)$$

$I_J$  – investiția medie anuală pentru diferite obiective;

$a_J$  – coeficienți ce țin seama de toate cheltuielile anuale care se raportează la investiție (reparații curente, reparații capitale, întreținere curentă etc.).

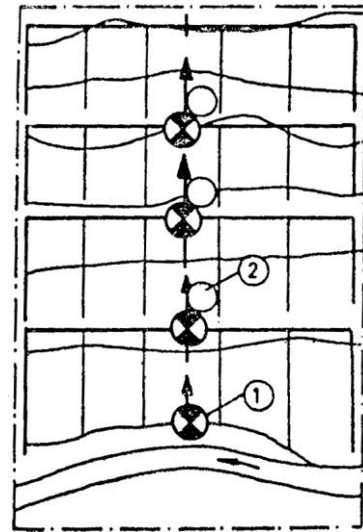


Fig. 2.10. Amenajare pentru irigații a unui teren în pantă:  
1 – SP pentru aducțiune; 2 – SPP pentru transport-distribuție.

În acest caz acest termen are forma:

$$A_I = A_{IP} + A_{IR} \quad (25)$$

$A_{IP}$  – cheltuielile medii anuale pentru stațiile de pompare, investiția în stația de pompare fiind corelată cu puterea instalată ( $N_I$ ) printr-o relație de forma:

$$I_P = I_{P0} + K_I \cdot N_I \quad (26)$$

$A_{IR}$  – cheltuielile medii anuale asociate investiției în conductele sub presiune; investiția se exprimă în funcție de diametrul nominal sub forma:

$$I_R = a + b \cdot D \quad (27)$$

$A_E$  – cheltuielile medii anuale asociate consumului efectiv de energie pentru pompare:

$$A_E = P_e \cdot E \quad (28)$$

$E$  – consumul mediu anual de energie pentru pompare;

$P_e$  – prețul unitar al energiei consumate luând în considerare și cheltuielile generate de retribuirea personalului de întreținere-exploatare:

$$A_r = K_{re} \cdot E \cdot P_e \quad (29)$$

Relația (28) devine:

$$A_E = (1 + K_{re}) \cdot P_e \cdot E \quad (30)$$

Energia pentru pompare este determinată de puterea medie cerută de SP și durata medie de funcționare, prin următoarea relație:

$$E = N \cdot T \quad (31)$$

Pentru o aducțiune prin pompare de-a lungul unui traseu cu lungimea totală  $L_v$  între cotele  $Z_0$  – la nivelul mediu al apei în sursă și  $Z_M$  – la limita superioară a perimetrului irigabil, fracționarea pompării pe  $n$  trepte, făcând toate înlocuirile, relația (23) devine:

$$Z = n \cdot a_p I_{p0} + a_p K_I \sum_{(n)} N_{ij} + a_R q \sum_{(n)} L_j + a_R b \sum_{(n)} L_j D_j + (1 + K_{re}) P_e \sum_{(n)} N_j T_j \quad (32)$$



Condițiile restrictive ce trebuie respectate sunt:

$$D_j \in (D_{n1}, \dots, D_{nm}) \quad (33)$$

$$\sum_{(n)} L_j = L_v \quad (34)$$

$$\sum_{(n)} H_{vj} = \sum_{(n)} (Z_j - Z_{j-1}) = Z_m - Z_0 \quad (35)$$

Pentru minimizarea funcției prezentate în relația (32) s-au luat în considerare:

- debitul specific de dimensionare  $q$  (l/s ha);
- caracteristicile statistice ale variației debitului în timp  $f$  și  $g$ ;

- distribuția suprafețelor pe înălțimea:

$$S = S(Z \cdot Z_j)$$

- distribuția lungimilor aducțiunii pe înălțimea:

$$L = L(Z \cdot Z_j)$$

Organigrama programului de calcul automat care realizează minimizarea acestei funcții este prezentată în figura 2.11 (O. Alexandrescu).

Date de bază ale suprafeței amenajate:

- distribuția suprafețelor pe înălțime și a lungimii aducțiunii în funcție de cota terenului este redată în figura 2.12 (O. Alexandrescu).

– Caracteristicile cerințelor de apă ale sistemului sunt:

- norma medie de irigație  $M_0 = 2.315$  mc/ha an;
- debitul specific de dimensionare a sistemului  $q = 0,53$  l/s ha;

- parametrii statistici ai variației debitului distribuit  $f = 0,65226$  și  $g = 0,34664$ ;

- coeficientul de funcționare a SP în perioada de vârf a curbei de sarcină a SEN  $m_v = 0,2$ ;

- costul unitar al energiei electrice: la bază  $p_b = 0,60$  lei/kWh, la vârf  $p_v = 1,80$  lei/kWh;

- parametrii curbelor de investiție în lucrările aferente aducțiunii corespunzător tehnologiilor actuale, folosite la realizarea aducțiunilor prin pompă:

$$I_{p0} = 1,072 \cdot 10^6; \quad K_I = 1.100;$$

$$a = 0; \quad b = 4300; \quad K_{RF} = 1,53.$$

### Concluzii:

În urma rulării programului automat de calcul, prezentat anterior, a reieșit că numărul optim al treptelor de pompă este 5, stațiile de pompă fiind amplasate la cotele 202; 208; 240; 265 și 290 RMN.

Atât cheltuielile medii totale anuale cât și consumul de energie pentru pompă prezintă o variație relativ mică în jurul punctului de optim (fig. 2.13).

La Institutul Politehnic Iași și ICITID sunt preocupări, cu rezultate remarcabile, și cu privire la reducerea consumului de energie prin optimizarea pomparii apei în plotul de irigație, constituit în principiu din trei componente de bază:

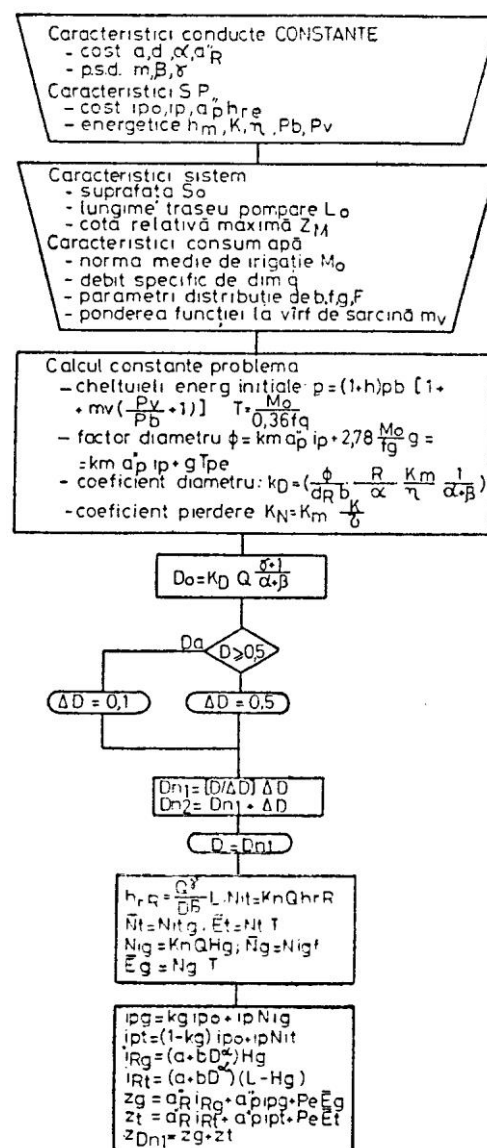


Fig. 2.11. Organigrama programului de calcul automat pentru minimizarea funcției Z.

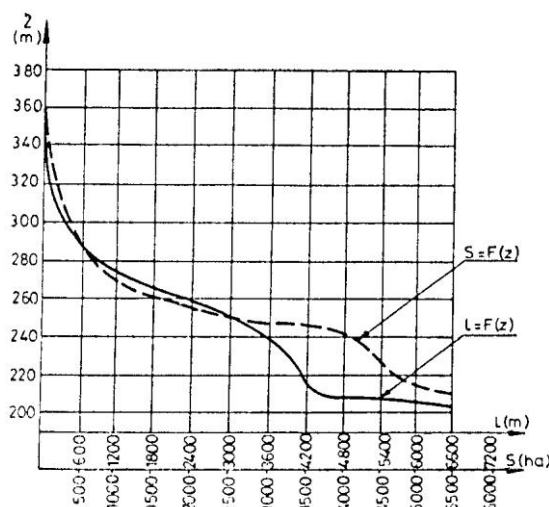


Fig. 2.12. Suprafața servită și lungimea aducțiunii în funcție de cota terenului.

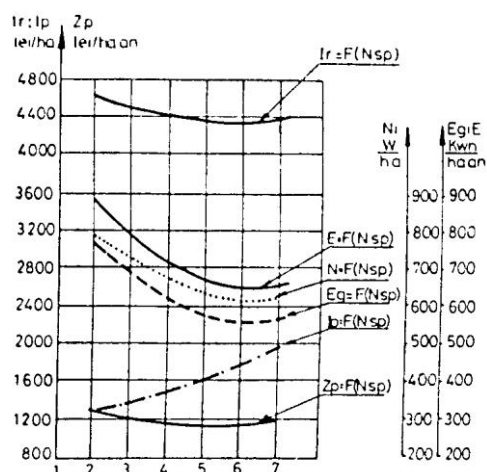


Fig. 2.13. Parametrii energo-economici optimi ai soluției de amenajare pentru irigații a unui teren în pantă.

- stația de punere sub presiune (SPP);
- rețeaua fixă de conducte pentru transportul apei (R);
- instalațiile de udare (I), în cele mai multe cazuri – aripi de aspersiune transportabile.

Abordarea problemelor ridicate de plotul de irigații prin aspersiune într-o concepție sistemică unitară permite stabilirea legăturilor dintre parametri constructivi, cei funcționali, consumurile de energie pentru pomparea apei și cheltuielile generate de realizarea, întreținerea și exploatarea acestuia, legături care înlesnesc atât optimizarea structurii ansamblului SPP – rețea – instalații de udare cât și raționalizarea regimurilor de funcționare a acestuia.

## 2.3. MĂSURI PENTRU ASIGURAREA INDEPENDENȚEI ENERGETICE, ÎN EXPLOATAREA SISTEMELOR DE IRIGAȚII; EXEMPLE

Tehnica mondială înscrie în domeniul independenței energetice în exploatarea sistemelor de irigații o gamă largă de soluții, cu rezolvări extrem de simple, dar și cu rezolvări extrem de dificile, în scopul final al independenței energetice. Problema este atât de avansată, încât sistemele de irigație concepute inițial ca subordonate energiei să fie ulterior transformate, devenind chiar producătoare de energie.

În alte situații, chiar din concepția inițială a proiectării au fost destinate și acestui scop (producător de energie) și în plus, și cu alte atribuții: alimentare cu apă, piscicultură, turism, agrement, protecția mediului, navigație interioară etc. și toate cu independență energetică.

Tipurile de soluții prin care se urmărește eluci-

darea acestei probleme vor beneficia de exemplificări concrete din realizările tehnicii mondiale.

Pentru urmărirea acestei vaste probleme s-a considerat util să fie prezentată într-o clasificare, cu o înșiruire începând cu cele mai simple intervenții sau soluții, spre cele mai complexe. Vor fi prezentate astfel exemple de:

- soluții de obținere a independenței energetice prin simpla transformare – *modernizare a centrelor de priză*. Exemple din Durançe inferior (2.3.1);
- soluții de scheme hidrotehnice pentru irigații, de tip gravitațional, cu *acumulări frontale* dominante și transfer interbazinal. Exemple din bh Vakch – fosta U.R.S.S. și SI. Steagul Roșu – China (2.3.2);
- soluții de scheme hidrotehnice gravitaționale pentru irigații, valorificând *apa bazinului hidrografic propriu*. Exemple SI Canal Provence – Franța și Canalul Magistral „Siret – Ialomița”, România (2.3.3);
- soluții de scheme hidrotehnice complexe gravitaționale pentru irigații și producere de energie, valorificând *resursele de apă ale întregului teritoriu amenajabil*. Exemple: complexe Plovdiv – Pasargic – Bulgaria (2.3.4);
- soluții de sisteme de irigații cu independență energetică prin *interconectarea surselor de apă*. Exemplu SI din stânga fluviului Tae Dong, Coreea (2.3.5).

Expunerea, cu unele detalii, a soluțiilor generalizatoare enunțate, se face în continuare pentru a putea fi valorificate în etapa ce urmează, când suprafața amenajată prin irigații, drenaje și cu măsuri antierozionale a țării se va extinde inevitabil în zonele de coline, dealuri, Subcarpați, podișuri, depresiuni intramontane, și toate acestea în soluții complexe – vizând și celelalte sectoare hidroeconomice – și în condițiile independenței energetice, pe cât posibil.

### 2.3.1. SOLUȚII DE TRANSFORMARE A CENTRELOR DE PRIZĂ ALE SISTEMELOR DE IRIGAȚII DIN DURANȚE INFERIOR PENTRU A FUNCȚIONA FĂRĂ CONSUM DE ENERGIE\*

#### 2.3.1.1. Condițiile hidrologice și hidroenergetice în care s-au modernizat centrele de priză pentru irigații

Vechile sisteme de irigații situate de o parte și alta a R. Durançe în sectorul inferior (de la Cadarache spre vărsarea în Rone), în suprafață de peste 80.000 ha, erau exploatate cu eforturi mari, datorită condițiilor de

\* Exemplul poate fi valorificat pentru zonele limitrofe râurilor (Prut, Siret, Someș – Crișuri), irigate prin pompare.

captare a apei din sursă (râul Durance), ca și datorită unor frecvente inundații în zona joasă.

După o serie de intervenții locale (barări în albie pentru ridicarea nivelului apei, apărări, măsuri comune pentru a facilita amplasarea de mori etc., s-a adoptat o soluție radicală, care constă în construirea unui canal „industrial”, paralel cu sursa – râul Durance, începând de la Cadarache și cu vărsare în Lacul Berre (pe malul M. Mediterane), canal care având pante reduse comparativ cu râul Durance, a permis – prin cotele de dominație căpătate – să alimenteze cu apă gravitațional toate sistemele de irigații, fie cu prize pe dreapta sau stânga râul Durance.

Soluția amenajării, cu priza canalului industrial, și a canalelor de irigații, cu CHE și acumulările necesare, din perimetrul interesat (sectorul inferior Durance) ca și din sectoarele superioare, se poate urmări în figura 2.14. Amenajarea este de tip complex: irigații-alimentări cu apă și hidroenergie.

#### Canalul industrial și uzinele hidroelectrice din Durance Inferior

Amenajarea agroindustrială (hidroelectrică) a râului Durance Inferior a comportat mai întâi construirea a 5 uzine hidroelectrice repartizate în lungul canalului industrial alimentat de apele Durance-ului. Apele turbinate prin echipamentul acestor uzine sunt apoi restituite canalelor agricole la cote și în secțiuni posibile

de a fi valorificate gravitațional prin irigații (fig. 2.15).

Ca amenajare industrială (hidroelectrică) la Cadarache (120 km aval de Serre Ponçon), E.D.F. a realizat un baraj și o priză de apă capabile să deriveze 250 m<sup>3</sup>/s din R. Durance prin canalul industrial. Aici este secțiunea de început (punctul zero) al Durance Inferior. În această secțiune Durance prezintă: 6 miliarde m<sup>3</sup> stoc anual de apă, din care 5 miliarde m<sup>3</sup> utilizabili; marea se găsește la o distanță de 45 km în linie dreaptă; altitudinea este de 256 m, cădere ce va fi repartizată în lungul canalului industrial ( $L = 85$  km) între cele 5 hidrocentrale electrice.

Canalul industrial urmărește Valea Durance pe o lungime de 50 km, aval de priza Cadarache, până la Mallemort, pentru ca de aici, aproape în unghi drept, să se îndrepte spre mare.

Cele 5 hidrocentrale repartizate în lungul canalului valorifică integral energia râului Durance, printr-o putere totală instalată de 604.000 kW și cu o productivitate anuală de 2.385 GWh.

Prizele de apă (3) din Durance (Cadarache, Mallemort și Bompas) servesc pentru alimentarea normală a celor 5 hidrocentrale și a canalelor pentru agricultură (15). Acestea sunt compuse dintr-un baraj mobil în râu (cu vane segment), prelungit printr-un dig și o priză laterală. Cea mai importantă este priza Cadarache; importanța lor scade ca echipare din amonte spre aval.

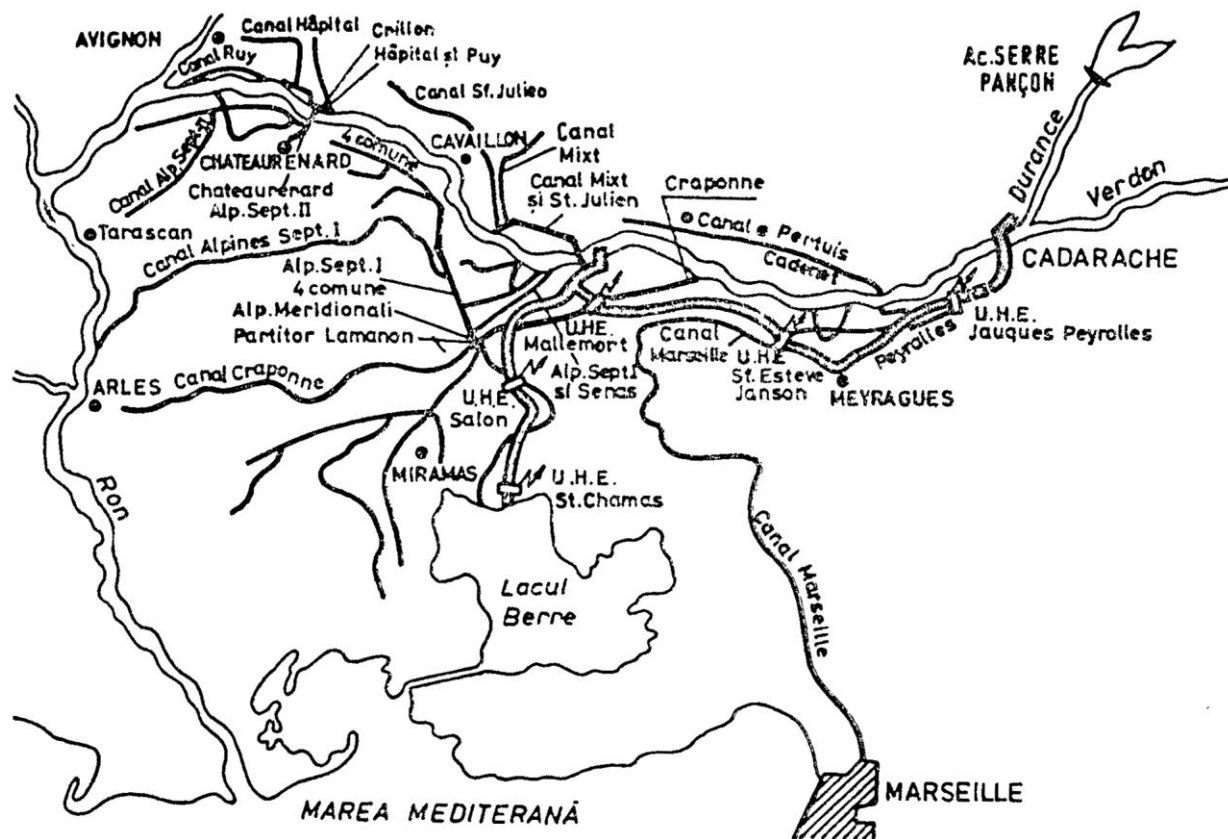


Fig. 2.14. Planul general al canalului industrial și al prizelor canalelor pentru agricultură Durance Inferior.

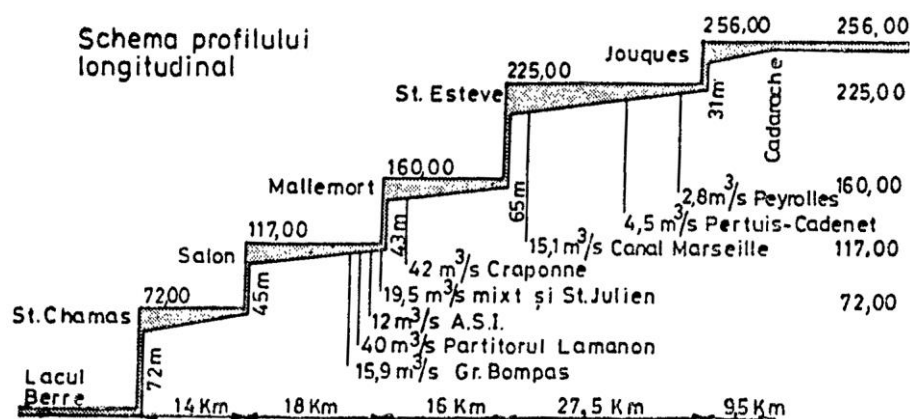


Fig. 2.15. Uzinele hidroelectrice din Durançe Inferior.

Tabelul 2.1. Caracteristicile echipamentelor uzinelor hidroelectrice din Durançe Inferior

Uzina	Nr. gr.	Conducte forțate		Turbine		Alternator		Tensiune la postul de plecare, KV
		Ø în m	Lungime în m	Tipul	Rotație pe min.	Putere, KVA	Tensiune, KV	
Jouques	3	6	75	Kaplan	187,5	20.000	10,3	150
St. Estève	3	5,5	235	Francis	187,5	50.000	5,65	150 și 225
	1	2,5	170	Francis	333	6.000	5,65	63
Mallemort	3	5,5	200	Francis	167	37.000	5,65	225
Salon	3	5,5	100	Francis	167	34.000	5,65	225 și 63
St. Chamas	3	5 și 5,5	300	Francis	200	55.000	5,65	225 și 63

Ultima priză pe Durançe – priza Bompas, are rolul de a asigura  $Q_{\max} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$  pentru canalele agricole din regiunile Avignon și Châteaurenard.

Toate cele 3 prize de pe râul Durançe Inferior au fost realizate în laborator, pe modele reduse (1/50) cu fund mobil, pentru a se verifica gradul de stabilitate și de necolmatare – nealuvionare, ținându-se seama de încadrarea naturală a râului.

Uzinele (5) și echipamentul acestora diferă prin condițiile topografice impuse (ca înălțimi de cădere). Dispozitivele generale sunt asemănătoare pentru cele 5 uzine (tab. 2.1).

### 2.3.1.2. Reamenajarea prizelor canalelor agricole\* pe râul Durançe inferior

Cele 75.000 ha irigate prin 15 mari și vechi canale de irigații, în departamentele Vaucluse și Bouches-des-Rhône, fiind deficitare în apă în timpul verii ca și din punct de vedere energetic, au impus ca paralel cu amenajările hidroenergetice să se reamenajeze și prizele vechilor canale, pentru a asigura gravitațional și constant debitul de  $114 \text{ m}^3/\text{s}$  necesar agriculturii.

Astfel, prin intermediul canalului industrial și al celorlalte amenajări de pe Durançe a fost posibil ca

\* S-a adoptat noțiunea „canale agricole”, folosința acestora fiind complexă, irigațiile fiind dominante.

volumul de rezervă pentru irigații, din acumularea Serre-Ponçon (200 milioane  $\text{m}^3$  apă) să fie destinat distribuției între cele 15 canale (v. tab. 2.2).

Întrucât soluțiile constructive și de captare ale acestor canale sunt interesante și pot servi ca sugestii pentru proiectanții și specialiștii noștri, în cele ce urmează vor fi date unele detalii, cu referire îndeosebi la aspectele privind refacerea și modernizarea unor vechi canale – sisteme de irigații, problemă de mare interes și actualitate și la noi în țară.

Cele 15 canale care deservesc agricultura au prizele răspândite de-a lungul Durançe pe 80 km, de la Mirabeau la Avignon (v. fig. 2.3.4).

Vechile prize (din sec. 12-19) erau afectate de variațiile scurgerii prin râul neregulatizat.

Reamenajarea prizelor (după 1955) are în vedere și faptul că 10 din cele 15 se vor amplasa direct la canalul industrial.

Cele mai importante – Mallemort și Lamanon – prelevă un debit de  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ ; priza realizată prin partitorul Lamanon derivă un debit de  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ . Prin ultima priză – Bompas – se alimentează cele 5 canale ce transportă apă pentru regiunile Châteaurenard și Avignon.

O observație de mare importanță, care se impune a se reține, este și aceea că absolut toate captările și aducțiunile sunt de tip gravitațional, cu toate că pentru aceasta unele canale au lungimi de transport de ordinul zecilor de km.

Cu toate că cele 5 HE de pe canalul industrial al râului Durançe Inferior produc energie suficientă (2.385 GWh/an) pentru a face posibilă ridicarea apei prin pompare din Durançe, nu a fost adoptată o asemenea soluție. Energia acestor HE a fost debitată în rețeaua națională, iar aducțiunea apei pentru irigații s-a făcut numai în soluții gravitaționale pentru toate cele 15 canale, după cum ușor se poate urmări din figurile și datele ce urmează.

Mai trebuie subliniat faptul că aceste canale asigură apa și pentru comunele pe care le străbat, tot fără consum de energie, precum și faptul că funcționează în regim automatizat, fiind echipate (prizele) cu vane automate, module cu mască ș.a.

**Tabel 2.2.** Reamenajarea prizelor. Canalele agricole din Durance inferior

Canalul	Construit în sec.	Cu rol	Suprafața irigată, ha	Debit, m³/s	Lungime, km	Priza		Observații
						Sursa	Tip	
Departamentul Vaucluse								
1. Cadent	sec. XV	Acționat mori	3 000	4,498	25	Canal industrial	în curent liber cu subtraversarea Durañçe-ului prin galerie	+ 4 comune
2. Mixt	sec. XVIII		10 000	12,290	130	Canal industrial și Durañçe	printr-o galerie de fund	+ 26 comune
3. St. Julien	1171	acționat moară	5 000	7,228	35	C. mixt	printr-un canal de racordare	
4. Crillon	sec. XVIII		1 200	4,352	15	Durañçe	priză comună în curent liber (pentru cele 5 canale 4, 5, 6, 7, 8)	+ 4 comune
5. Hopital	1227	acționat mori	500	2,167	10	idem	idem	
6. Puy	sex. XIX	—	400	1,071	8	idem	idem	asanează și Avignon-ul
Departamentul Bouches-du-Rhône								
7. C. Peyrolles	sec. XV		1 100	2,850	28	Canal industrial	două prize la H.E.	+ 4 comune
8. C. Marseille	1838 1851		5 000	15,118	190	C.H.E		alim. cu apă (8 m³/s) Marseille
9. C. Craponne	1554		19 000	23,039	135	Canal industrial și Durañçe	priză dublu sectorizată (din câte captări)	
10. C. Alpines Méridionales	sec. XVIII		14 000	16,210		Canal industrial		+ 29 folosințe
11; 12. C. Alpines Sep-tentrionales	sec. XIX			12,527 6,740	70 și 45	Canal industrial		
13. C. Moulin de Senas	sec. XIII		545	1,553	7	C. Alpines Septentrio-nales		
14. C. Quatre Communes	sec. XIV		2 600	2,201	27	idem		
15. C. Château-renard	sec. XVIII		2 700	1,565	10	B. Bonpas		

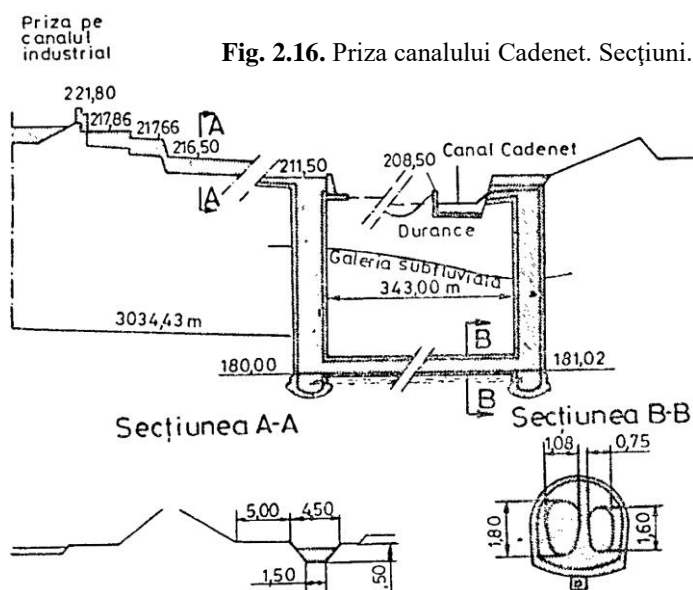
Prizele celor 15 vechi canale de irigații, cu caracteristicile tehnico-construcție noi, sunt date în tabelul 2.2 și în figurile reprezentative 2.16, 2.17, 2.18.

#### Caracteristici ale unor prize de apă\*

1. *Priza canalului Cadenet* (fig. 2.16) s-a realizat din canalul industrial prin intermediul unui canal betonat ( $L \approx 3$  km). Traversarea râului Durance este realizată prin galerie subfluvială, cu secțiune dublă ( $A_1 = 0,70$  m<sup>2</sup>;  $A_2 = 1,60$  m<sup>2</sup>,  $L = 0,313$  km), cu două puțuri ( $H = 30$  m), prin care galeria este legată la instalațiile de suprafață.

2. *Priza canalului mixt și a canalului St. Julien* s-a realizat printr-o galerie subfluvială cu secțiunea  $A = 12$  m<sup>2</sup> și  $L = 0,385$  km, și prin 2 puțuri de 24 m adâncime, din Canalul industrial.

\* Sunt înscrise caracteristicile ce pot servi ca exemple de proiectare (fiind diferențiate).



**Fig. 2.16.** Priza canalului Cadenet. Secțiuni.

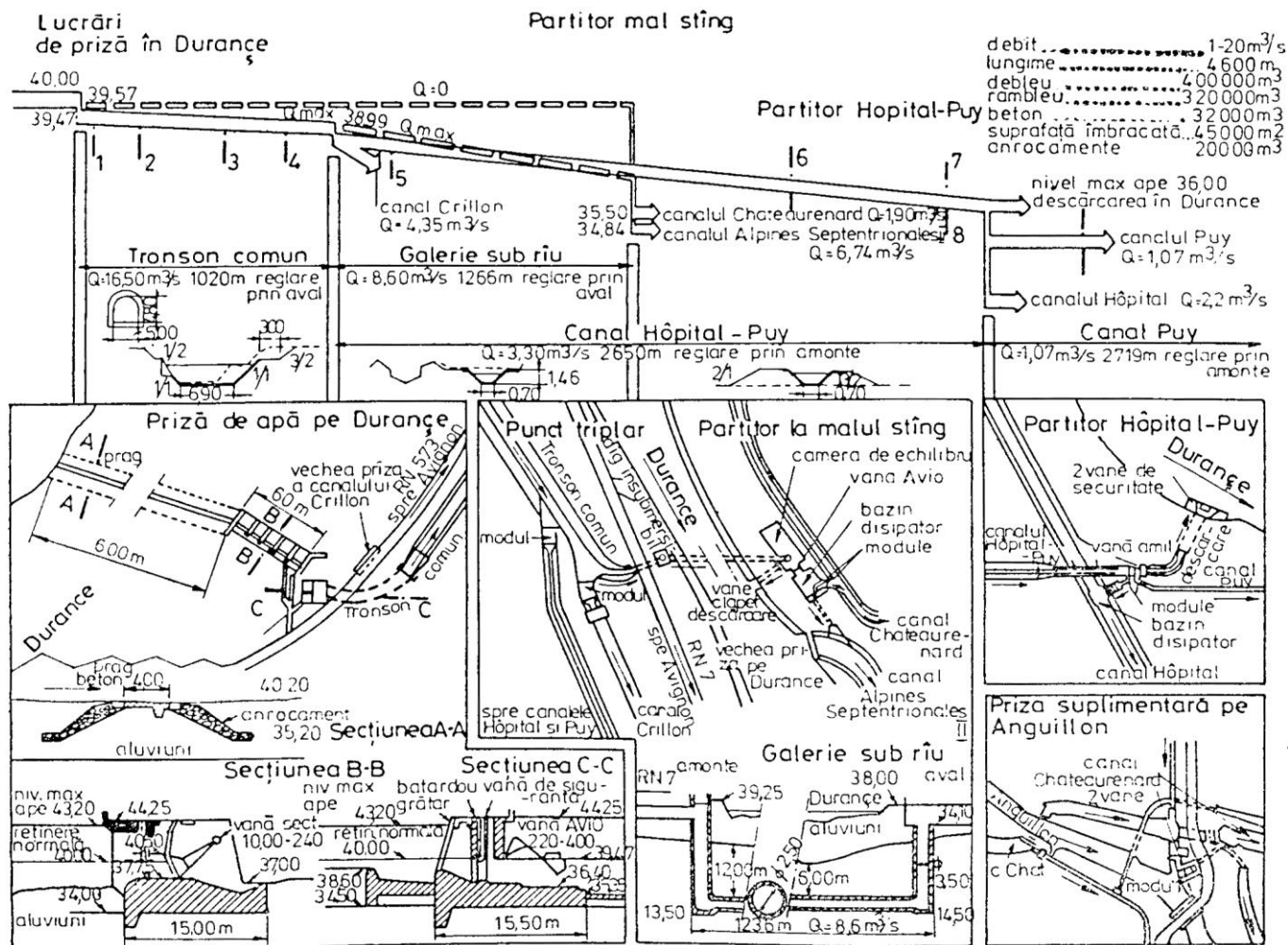


Fig. 2.17. Priza comună Bonpas. Canalele Crillon, Hôpital, Puy, Châteaurenard și Alpines Septentrionales II.

Printr-o priză amplasată la malul drept (Durançe) în barajul Mallemort, se poate realiza și alimentarea directă. Canalul St. Julien se alimentează din Canalul Mixt, printr-o priză situată la Bel-Hostes, prin intermediul unui canal de racordare ( $L = 1,1$  km). Canalul Mixt este recalibrat pe  $L = 9$  km pentru a putea transporta debitele cerute de ambele canale ( $12,30 \text{ m}^3/\text{s}$  – c. mixt și  $7,30 \text{ m}^3/\text{s}$  – C. St. Julien).

3. *Priza comună Bonpas, a canalelor Crillon, Hôpital, Puy, Châteaurenard și Alpines Septentrionales II* (fig. 2.17).

Printr-o priză și un tronson de canal comun, apa luată din Durançe, la Bonpas, este distribuită între cele 5 canale regionale (3 în departamentul Vaucluse: C. Crillon, C. L'hôpital și C. Puy și 2 în Departamentul Bouches-du-Rhône: C. Châteaurenard și C. Alp. Sept. II). Soluția prizei comune din Durançe, a derivațiilor din C. Crillon și a debitelor derivate se pot urmări din figura 2.17 plan și secțiuni.

4. *Priza canalului Peyrolles*, amplasată pe canalul industrial, este formată de fapt din două prize situate pe bieful H.E. St. Estève-Janson și prin două scurte tronsoane betonate ( $L_1 = 0,600$  km și  $L_2 = 0,800$  km).

5. *Priza canalului Marseille* (fig. 2.18) este amplasată la uzina (H.E.) auxiliară Estève-Janson ( $P_t = 5.000$  MW).

6. *Priza Canalului Craponne*, compusă din trei captări pentru:  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , situate pe bieful Mallemort (una la Gontard, una la St. Croix și a 3-a la camera de priză a Uzinei H.E. Mallemort), 17 și respectiv  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  la Partitorul Lamanon și la priza Beauplan – ambele situate pe bieful uzinei H.E. Salon.

7. *Priza canalelor Alpines Septentrionales – Ramificația AS<sub>1</sub>*, este de asemenea dublă (două prize distincte) situate pe bieful uzinei H.E. Salon (una la Fontenelle pentru  $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ , printr-un canal de racordare,  $L = 0,450$  km și a 2-a la Partitorul Lamanon pentru  $Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$ , printr-un canal de racordare,  $L = 2,7$  km).

Analizarea schiței planului de situație (fig. 2.14) cu amplasarea canalelor și prizelor, în paralel cu soluțiile de prize date în schițele 2.16, 17, 18, furnizează specialistului preocupat de probleme complexe de scheme hidroenergetice și pentru irigații informații extrem de utile, la fel pentru proiectanții ce au sarcina refacerii și modernizării vechilor sisteme de irigații, cu trecerea pe aducțiuni gravitaționale.

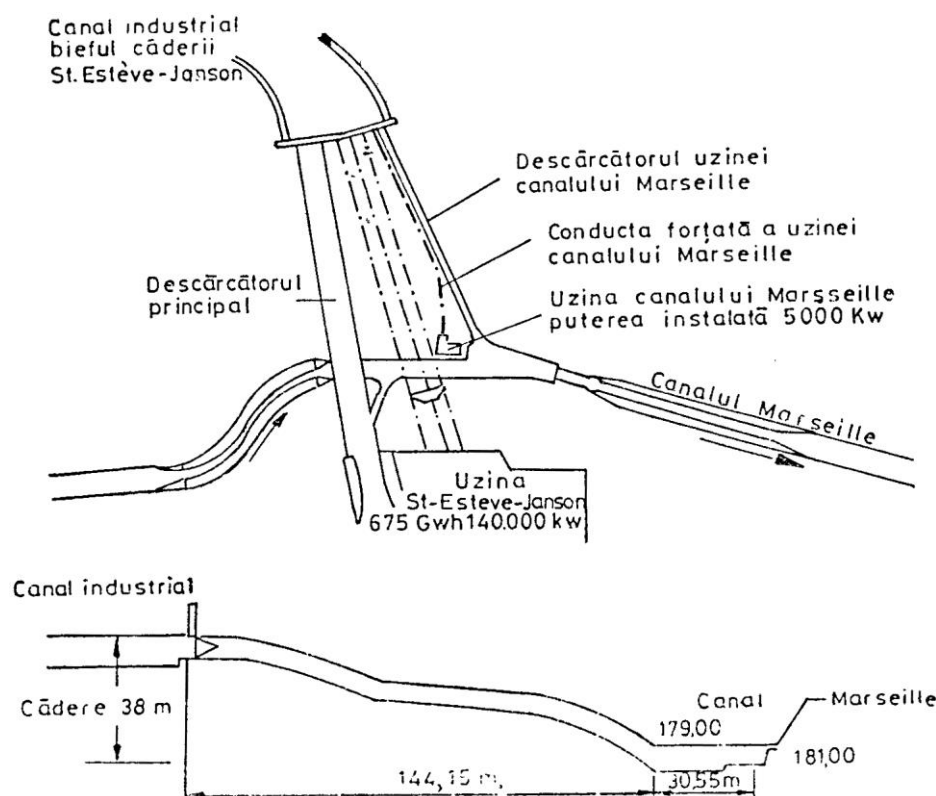


Fig. 2.18. Priza canalului Marseille.

### 2.3.2. SOLUȚII DE SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE PENTRU IRIGAȚII, DE TIP GRAVITAȚIONAL, CU ACUMULĂRI FRONTELE DOMINANTE ȘI TRANSFER INTERBAZINAL

Asigurarea independenței energetice în irigații derivă, și din soluția alegerii – amplasării și amenajării sursei de apă și a rețelelor de canale magistrale și de distribuție.

În cazul surselor de apă ce ocupă poziții dominante față de suprafața irigabilă, chiar în situația aflării acestei surse în alt bazin hidrografic și cu condiții (topo-hidrografice și geomorfologice) de acumulare, atunci se pot adopta soluții similare celor din bh. Vakch Tadjikistan și ST Steagul Roșu – China.

Prezentarea schematică a soluțiilor acestor scheme hidrotehnice reprezintă – considerăm – cel mai indicat procedeu de tratare a problemei.

#### 2.3.2.1. Schema hidrotehnică a S.I. gravitațional Iavan Obikiiskaia – din b.h. Vakch – Amudaria, Tadjikistan

Pe râul Vakch, unul din cele mai importante din Tadjikistan, s-a realizat o cascadă hidroenergetică, formată din 8 baraje de acumulare (fig. 2.19, a). Ame-

najările Nurek și Baipaza ocupă primul loc, prin rolul pe care-l au în irigarea (gravitațională cu independență energetică) a terenurilor din sudul Asiei Centrale cât și prin soluția adoptată – acumulare centrală dominantă, amplasată chiar în afara sistemului de irigații aferent, și cu producere de energie.

Complexul hidrotehnic de irigații și hidroenergetic Iavan Obikiiskaia, fiind reprezentativ în acest sens, în cele ce urmează vor fi date unele detalii.

Al treilea mare complex de irigații și hidroenergetic din Tadjikistanul de Sud este *Yavan Obikiiskaia*, axat pe amenajarea H.E. Baipaza (v. fig. 2.19, b).

Văile râurilor Iavanskaia și Obikiiskaia, în suprafață de 40.000 ha, sunt extrem de sărace în apă. Pentru irigarea acestora s-au derivat apele râului Vakch printr-un tunel lung de 7,3 km, realizat în malul drept al acumu-

lării H.E. Baipaza, puțin aval de amenajarea Nurek.

Pentru complexitatea și ingeniozitatea inginerescă a realizării acestei amenajări, se impun câteva prezentări și detalii tehnice.

Văile Yavan și Obikyik, amplasate la altitudini de 500-700 m, sunt separate de sursa de apă – acumulare H.E. Baipaza de pe râul Vakch printr-un lanț montan, care a fost străbătut prin tunel.

De cele 3 părți, văile sunt închise prin lanțuri muntoase cu înălțimi de circa 1.000 m și numai spre sud au deschidere, în direcția râului Vakch, spre confluență. Cele două văi Yavan și Obikyik sunt separate – la rândul lor – printr-un lanț montan de mică înălțime (Djetymtaou).

Valea Yavan, cu o lungime de 50 km și o lățime maximă de 15 km, este orientată de la nord-est spre sud-vest; iar valea Obikyik are 22 km lungime și 7 km lățime medie.

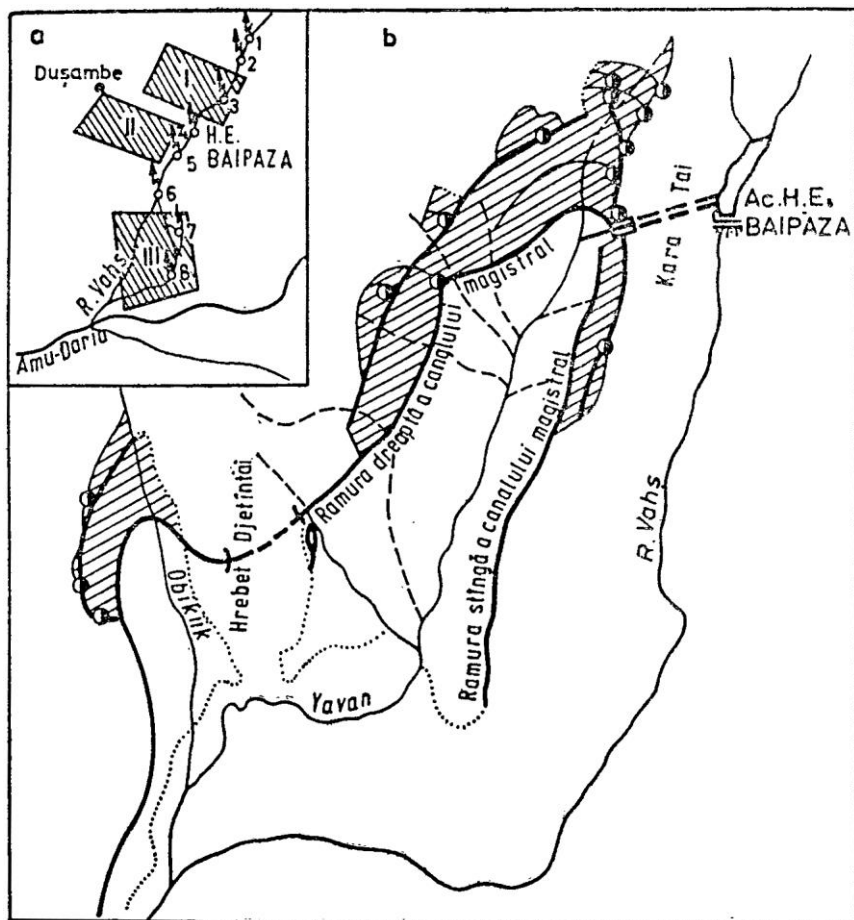
Relieful văilor, ușor ondulat, are o pantă de 0,01-0,02 și până la 0,05-0,06 maxim, la piciorul muntelui.

Râul Yavan străbate longitudinal valea, printr-un talveg adânc, care colectează apele locale cu curgeri temporare.

Valea Obikyik este străbătută de râul cu același nume, râu ce are un debit neînsemnat.

Terenurile din acest perimetru sunt de tip loees și argilă loessoidă, cu un mare grad de tasare; grosimea





**Fig. 2.19.** Schema hidrotehnică a complexului de irigații Yavan Obikiiskaia: a – perimetre irigate – alimentate cu apă gravitațional – din acumulările hidroelectrice de pe râul Vahș; b – Schema sistemului de irigații Yavan Obikyik. Complexele de irigații: I – Dangarinisk; II – Yavan Obikyik; III – Vahș și Akgarinks: 1 – HE Rogunskaya; 2 – HE Surobskaia; 3 – HE Nurek; 4 – HE Baipaza; 5 – HE Sangtudinskaya; 6 – HE Golovnaia; 7 – HE Perepotnava; S – HE Tsentrolnaia.

stratului de loess depășește 25–30 m.

Din punct de vedere hidrogeologic, apele subterane se găsesc la adâncimi variate; sub 3 m în nordul văii Yavan, pe o suprafață de 3.000 ha; de la 3 la 10 m pe o suprafață de 5.000 ha și de la 10-50 m și mai mult, pe restul suprafeței de peste 30.000 ha.

Apele subterane au o mineralizare considerabilă, ca de altfel în majoritatea zonelor deficitare în apă din Asia Centrală, variind între 5 și 20 g/l.

Sistemul de irigații Yavan-Obikyik este alimentat prin amenajarea H.E. Baipaza de pe râul Vakch (fig. 2.20), printr-o priză de apă compusă dintr-un baraj (1) din anrocamente, un deversor și o ecluză de irigație combinată cu capul amonte al tunelului (2) Vakch – Yavan, echipat cu trei vane plane.

Barajul amenajării Baipaza, cu o înălțime de 60 m, a fost realizat prin explozii orientale, ceea ce a permis reducerea timpului de execuție, costul amenajării, precum și dirijarea (evacuarea) debitului râului Yakch, în timpul execuției, fără măsuri speciale.

Tunelul Vakch-Yavan, prin care se transportă, cu curgere liberă, debitul de  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  captat din acumularea Baipaza, are o lungime de 7.400 m și un diametru de 5,3 m și străbate transversal lanțul muntos Karatu, la o adâncime de 600 m, datorită condițiilor geologice și hidrogeologice complicate. Tunelul este îmbrăcat într-o cuvă din elemente de fontă și beton armat prefabricate.

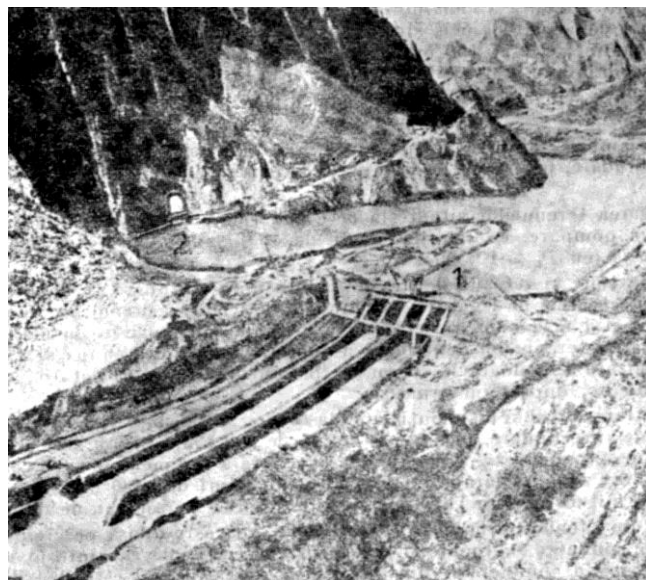
Canalul magistral, căptușit cu beton, are o lungime de 680 m, între capătul aval al tunelului și până la centrul de distribuție – partitorul dintre cele două ramificații „dreapta” și „stânga” (v. fig. 2.19, b).

În apropierea partitorului s-a construit un evacuator în trepte, pentru descărcarea surplusului de apă (sau în caz de avarii), în valea Yavan.

Ramura dreaptă a canalului magistral, cu o lungime de 80 km, transportă un debit de  $48 \text{ m}^3/\text{s}$  și după traversarea lanțului muntos Djetmtai printr-un tunel ( $L = 5.150 \text{ m}$ ,  $\varnothing = 3,3 \text{ m}$  și  $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ ), își descarcă debitul disponibil în Valea Obikyik.

Ramura stângă are o lungime de 34 km și poate transporta un debit de  $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Din ambele ramificații, apa curge gravitațional, prin intermediul canalelor secundare, pe terenurile irigate, ca și pentru celelalte folosințe din perimetru.



**Fig. 2.20.** Amenajarea H.E. Baipaza și priza de apă a Sistemului de irigații Yavan-Obikyik în timpul execuției.

Irigarea terenurilor situate la cote superioare celor două ramificații se face prin pompare, cu înălțimi medii de 45 m și cu debite ce pot ajunge la  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  (cu  $P_t = 12.500 \text{ kW}$ ).

Cu privire la rețeaua de canale (condițiile de fundare și impermeabilizare) și sectoarele de legătură, la tehnicile de irigat și drenaj, la amenajarea terenului și a măsurilor antierozionale, precum și cu privire la măsurile de consolidare a terenurilor de fundare a construcțiilor hidrotehnice și a modului de organizare a exploatarei, se vor da în continuare câteva detalii, cu rol de exemplificare, după cum urmează:

- transportul și distribuția apei la diversele folosințe se face prin canale principale și secundare, în lungime totală de 200 km, pe care sunt construite 26 sifoane, 24 apeducte, 12 lucrări de evacuare a sedimentelor și avalanșelor de noroi din zonă, 6 baraje din pământ cu înălțimi de până la 45 m, zeci de poduri și mii de construcții și instalații hidraulice pe rețeaua de distribuție;

- din canalele principale și secundare, apa este adusă pe câmpuri prin rețele de conducte îngropate ( $L_{\text{tot}} = 976 \text{ km}$ ), de unde cu ajutorul bornelor de irigație și a conductelor din polietilenă sau aluminiu este distribuită în brazdele de udare. Tehnica de irigat cu răspândirea cea mai mare fiind prin „scurgere la suprafață, pe brazde”;

- drenajul orizontal și vertical echiipează cea mai mare parte a terenurilor irigate, cu exces de apă, salinizate, cu tendința spre tasare, înmlăștinare-salinizare;

- lucrările de nivelare au fost considerabile pe terenurile irigate, înscriind cifre medii ridicate, de  $1.200 \text{ m}^3/\text{ha}$  terasamente mobilizate;

- măsurile de prevenire contra eroziunii hidraulice a rețelelor de canale și a solurilor, au preocupat în mare măsură pe proiectanții și executanții Complexului de irigații Yavan-Obikyik.

Pentru protecția canalelor de irigații (contra afluerilor și înămolirilor) au fost construite lucrări contra curgerilor noroioase, de consolidare și anti-noroioase. Pentru evacuarea controlată a apei de pe sectoarele irigate au fost construite rețele de șanțuri, canale, diguri de dirijare și lucrări de racordare, cu echipamente de control al scurgerii, construcția uvrajelor de racordare-descărcare s-a făcut din elemente de beton armat prefabricate;

- în scopul asigurării stabilității lucrărilor de construcții, pe loessurile cu tasări puternice, s-a adoptat soluția umectării prealabile a terenurilor de fundație (a acestor lucrări), timp de 2 până la 4 luni; s-au realizat astfel tasări de circa 2 m;

- ca mod de exploatare a terenurilor irigate în prima etapă (36.200 ha), acestea au fost organizate pe 7 ferme, de stat, cultivate în principal cu bumbac pentru fire fine, obținându-se producții de  $25 \text{ q/ha}$ .

### 2.3.2.2. Schema hidrotehnică a Sistemului de irigații și hidroenergetic „Steagul Roșu” – Lin Xian

Exemplu de sector reprezentativ dublu-prioritar „irigații-energie”, realizat în China îl constituie sistemul Lin Xian, din provincia Henan (fig. 2.21).

Acest sistem complex domină întreg teritoriul județului Lin Xian. Necesarul de apă pentru diferite folosințe este acoperii prin transfer din râul Cianghî și cu suplimentare din acumulări de perimetru, alimentând o rețea de aducțiuni magistrale zonale și canalele de distribuție aferente.

Condițiile naturale sunt defavorabile: județul este sărac în resurse de apă, secetele sunt îndelungate, iar relieful este accidentat (prelungiri ale zonelor muntoase).

Prin studii ample s-a hotărât transferul interbazonal al apei, în sensul de a se deriva din râul Cianghî (Regiunea Shanxi) debitul necesar alimentării cu apă a întregului județ Lin Xian, împreună cu aportul marilor acumulări de contur ce suplimentează canalul magistral drept.

Lucrările începute în februarie 1960 și terminate în 1969 includ:

- rețele de canale (590); cele principale însumează  $1.500 \text{ km}$  și asigură creșterea suprafeței irigate de la  $12.000 \text{ mu}$  la  $640.000 \text{ mu}$ , în zona muntoasă Lin Xian (rămânând încă de irigat  $230.000 \text{ mu}$ );

- 77 microhidrocentrale ( $P_t = 15 \text{ mii kW}$ ), amplasate pe rețelele de canale gravitaționale, construite în piatră.

Terenurile luate în cultură irigată au fost foarte bine nivelate – terasate, apa asigurându-li-se prin canale duse pe cote înalte, pe curbă de nivel și prin rezervoare locale (circulare), amplasate de asemenea pe cote înalte.

Schema hidrotehnică a sistemului Steagul Roșu din China se prezintă sintetic în figura 2.21.

Din această schemă se desprinde cu ușurință concepția amenajării:

- în schimbul cursurilor naturale de apă ce-și transportau la viituri debitele prin zonele joase, pe care le inundau, s-au realizat noi cursuri de apă artificiale (2 canale magistrale), trasate pe versanți, dominând gravitațional întregul teritoriu (fig. 2.22);

- paralel cu furnizarea apei terenurilor dominate, aceste canale magistrale și îndeosebi derivațiile din acestea au fost echipate cu microhidrocentrale electrice, situate în cascadă pe terenul în pantă;

- cursurile naturale de apă ce străbăteau luncile au fost încorsetate și rectificate, iar luncile acestora au fost luate în circuitul agricol.

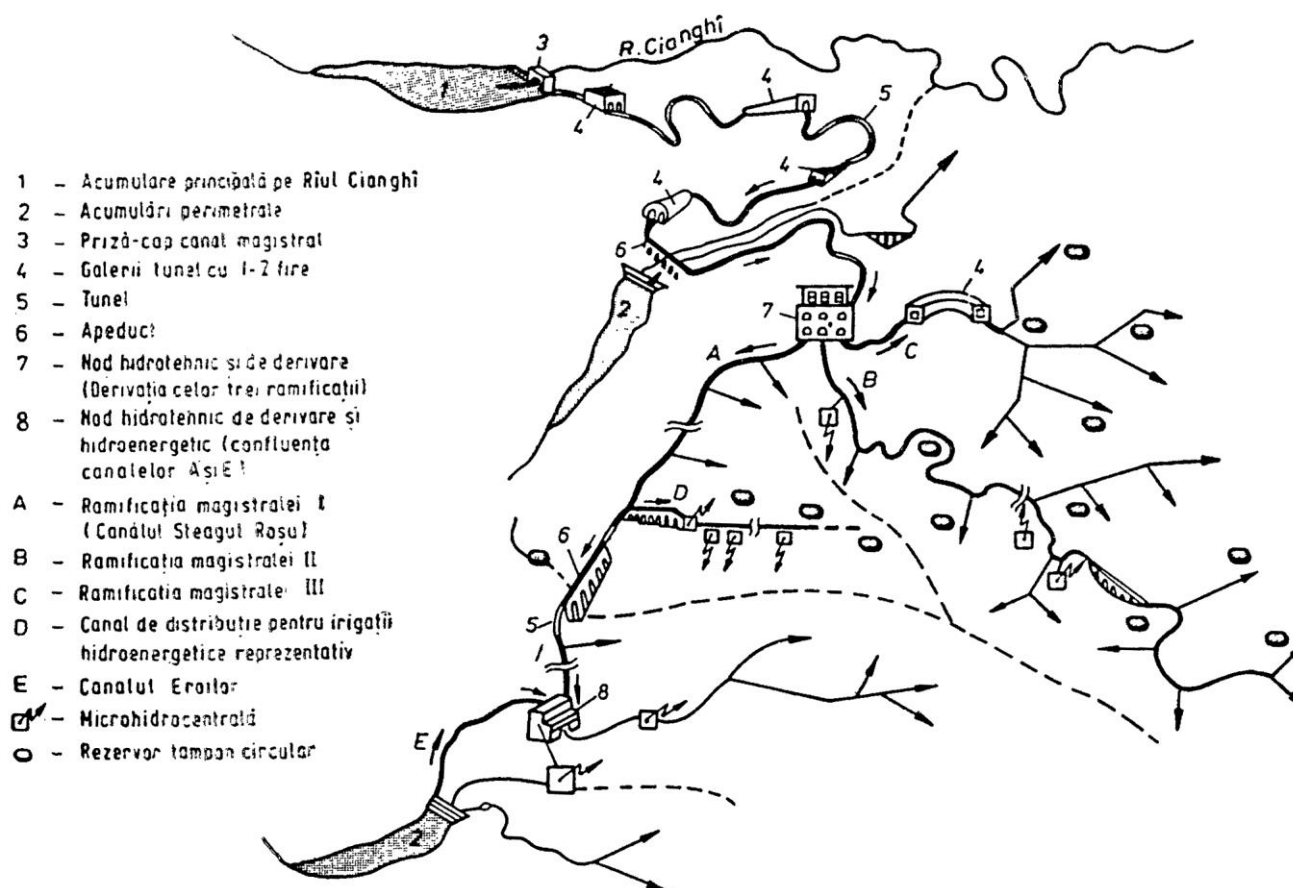


Fig. 2.21. Sursele de apă, sectorul frontal și alte elemente de schemă hidrotehnică ale sistemului de irigații Steagul Roșu.

Sursele de apă ale canalelor magistrale sunt acumulările multianuale situate la cote superioare la periferia județului și chiar în alt perimetru (acumularea pe R. Cianghi).



Fig. 2.22. Canale de aducțiune ( $L = 280$  km) trasate la cote diferite pe versanți. Talvegul vechiului râu, în curs de sistematizare (priza din R. Cinho).

Resursele de apă ale județului mai sunt îmbogățite prin multiplele rezervoare circulare, cu  $V = 10.000-40.000 \text{ m}^3$ , răspândite pe întreg teritoriul și alimentate din canalele de distribuție.

Captarea apei din râul Cianghi se face printr-un nod hidrotehnic. Un prag de fund (cota prag 468,9 m și lățimea la creastă de 4 m) facilitează derivarea apei, din acumularea creată pe râu, spre malul drept, printr-o galerie ( $L = 105$  m) ce se continuă cu canalul de aducțiune principal al Sistemului Steagul Roșu.

În structura schemei hidrotehnice a SI Steagul Roșu mai sunt de evidențiat:

– Transportul apei prin galerii săpate în stâncă, cum este cazul cu Tunelul Cin-en-tung (Tineretului) pe canalul de aducțiune Steagul Roșu.

Această galerie, în formă de potcoavă de cal (cu:  $L = 616$  m;  $H = 5$  m și  $b = 0,2$  m), transportând un debit de  $11-25 \text{ m}^3/\text{s}$ , a fost executată numai în rocă dură (granit).

În sistemul de Irigații Steagul Roșu au fost realizate 40 galerii, de diferite lungimi și dimensiuni.

– Transportul apei prin apeducte, ca sectoare de legătură pe traseele canalelor, este soluție generalizată în SI Steagul Roșu, în opoziție cu soluția sifoanelor (coborâtoare), folosite în alte țări.

Prin apeducte se traversează văi, râuri, diverse obstacole, ca și luncile largi, adoptându-se variante diverse: jgheaburi prefabricate (cu 1-2-3 etaje), sau apeducte din zidărie de piatră în arcade, cu stâlpi de rezistență din același material.

În SI Steagul Roșu, apeductele sunt folosite frecvent pentru realizarea canalelor de distribuție (cel puțin pentru tronsonul amonte), care pornesc din magistralele de pe versanți și alimentează cu apă versanții și luncă, fiind echipate cu microhidrocentrale (fig. 2.23).

În comparație cu conductele forțate lungi, pozate după panta terenului, se pot evidenția o serie întreagă de avantaje ale canalului de distribuție tip apeduct:

- căderea utilă MHC se concentrează la capătul aval al apeductului, fiind complet folosită diferența de cotă a terenului. Dacă în cazul conductelor lungi apar pierderi mari de energie, deci o reducere a căderii utile, lungimea apeductului nu are nici o influență;

- se câștigă cotă dominantă față de terenul alăturat, terasat, suprafața irigată fiind mai mare.

În partea joasă a versantului, spre luncă, apeductele sunt continuate de canale, folosindu-se orice diferență de nivel, chiar de 1 m, pentru a se crea energie.

Pe o astfel de derivație, alimentată din canalul Steagul Roșu (v. și fig. 2.21), sunt amplasate 20 microhidrocentrale, ce valorifică căderi de 18-5-1 m, cu debite între 2-0,5 m<sup>3</sup>/s.

Primul tronson al canalului de distribuție este un apeduct cu lungimea de circa 500 m, cu panta  $I < 1\%$ , din care se irigă bilateral terase cultivate, cu lungimea de 75-100 m (v. fig. 2.23).

Panta medie a terenului este pe acest tronson de circa 4%.

La capătul aval al apeductului se află casa vane-

lor (din piatră), ce asigură funcționarea corespunzătoare pentru orice regim de debite, un bazin de compensare pătrat cu latura de 8 m și o cădere de circa 18 m care este valorificată de MHC 1, dotată cu 3 agregate (1 x 125 kW și 2 x 40 kW).

Secțiunea apeductului este dreptunghiulară, de aproximativ 1,5 m ( $b$ ) x 2 m ( $h$ ) și transportă circa 2 m<sup>3</sup>/s, preluată din canalul magistral ce transportă circa 14 m<sup>3</sup>/s printr-o secțiune dreptunghiulară de aproximativ 6,5 m ( $b$ ) x 3,5 m ( $h$ ). Perimetrul este îmbrăcat în pereu de piatră, localnicii având o mare în-demânare în asemenea lucrări.

Următorul tronson, în lungime de aproximativ 4.000 m, urmărește panta terenului  $I = (3-1)\%$ , microhidrocentrale fiind amplasate pe canale ocolitoare (lateral dreapta) față de canalul de irigație; se folosește configurația terenului mai înalt decât zonele cultivate laterale, pentru a câștiga diferență de nivel. Lungimea canalului ocolitor este de circa 100-250 m, crescând odată cu reducerea pantei terenului.

Un sistem simplu de stavile plane din lemn, cu acționare manuală, amplasate în amonte de fiecare MHC, permite asigurarea funcționalității irigației-hidroenergie, pentru orice regim de debite. Sunt valorificate căderi de circa 4-2 m, fiecare MHC având un agregat de 40 kW.

Ultimul tronson, la intrarea în luncă (MHC 26) valorifică o cădere de circa 1 m și un debit de aproximativ 0,5 m<sup>3</sup>/s, panta terenului fiind aproximativ 0,5%, MHC are un mic agregat, protejat de o construcție ușoară.

Lunca este sistematizată și amenajată pentru irigații.

Apa ajunsă în luncă din cascada de microhidrocentrale și folosințele de pe versanți este integral valorificată în irigații.

Pentru intervalul de timp dintre udări și pentru a nu se pierde (evacua) din sistem, apa este acumulată în rezervoare circulare locale ( $V \approx 20.000 \text{ m}^3$ ) – rezervoare tampon.

Execuția rețelilor de distribuție, cu cascadele de microhidrocentrale, s-a realizat în perioada 1972-1975.

Partea terminală a canalelor de aducțiune este echipată cu două descărcări: una frontală, prin deversor (de siguranță) și una laterală ce conduce apa spre microhidrocentrala electrică.

Joncțiunea între canalele dominante, de aducțiune, duse pe versanți la cote diferite, se face prin hidrocentralele electrice.

În figura 2.21 se vede joncțiunea

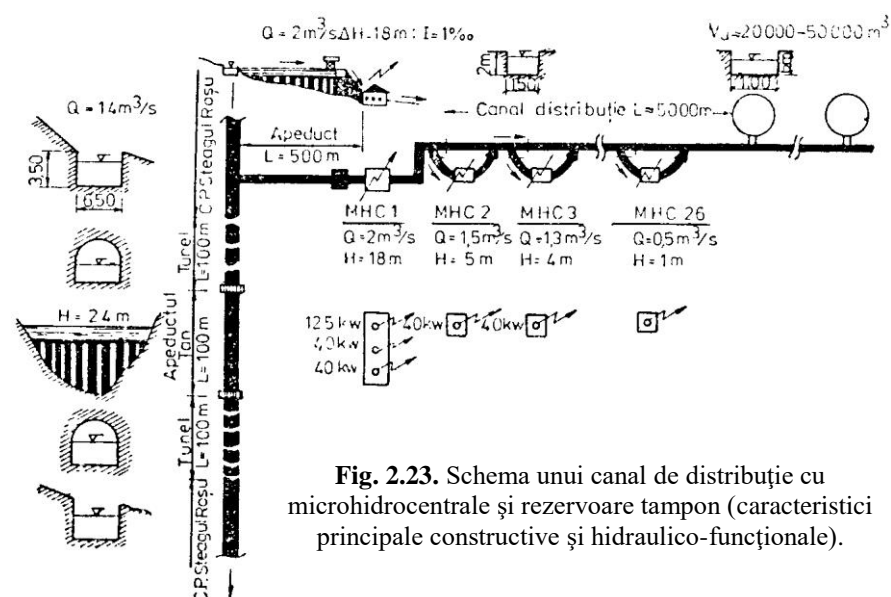


Fig. 2.23. Schema unui canal de distribuție cu microhidrocentrale și rezervoare tampon (caracteristici principale constructive și hidrolic-funcționale).

părții terminale a Canalului Steagul Roșu cu Canalul Eroilor (situat la cotă superioară), prin două MHC.

Tehnica de amenajare și udare în aceste lunci este cea pentru fâșii ( $L = 50$  m,  $l = 2$  m), revărsare și brazde; iar culturile sunt duble: grâu, după care vine porumbul sau gaoleanul.

Acumulările locale, realizate în soluția rezervoarelor circulare (v. fig. 2.21) abundă în cadrul acestei scheme hidrotehnice.

### 2.3.3. SOLUȚII DE SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE GRAVITAȚIONALE PENTRU IRIGAȚII, CU INDEPENDENȚĂ ENERGETICĂ, VALORIFICÂND APA BAZINULUI HIDROGRAFIC PROPRIU, PRIN INTERMEDIUL ACUMULĂRILOR. EXEMPLE

Două amenajări complexe – „Sistem Canal Provençe”, Franța, și „Sistemul Canal magistral Siret – Bărăgan”, România, vor fi prezentate, în scop de exemplificare pentru aducțiuni gravitaționale, alimentate din bazinul hidrografic propriu. Asemenea soluții se pot generaliza în zona subcarpatică a României.

#### 2.3.3.1. Sistemul Canal Provençe, Franța

Un exemplu\* de soluție hidrotehnică pentru irigații și alte folosințe, cu independență energetică, folosind apa unui bazin hidrografic propriu (râul Verdon), îi constituie „Sistemul Provençe”, din sud-estul Franței. Deși teritoriul la care ne referim, cuprins între fluviul Ron – râul Durance – litoralul Mării Mediterane și limita inferioară a Alpilor – putea beneficia de apele abundente ale fluviului Ron, nu s-a ales acesta ca sursă de apă pentru alimentarea sistemului de irigații, reclamând pompări și repompări, cu mari consumuri de energie. Între secțiunile extreme ale sistemului de irigații sunt diferențe altimetrice de peste 350 m (cota „0” la vărsarea râului Rhon și cota „353” m, la actuala priză Boutre).

Ca debite și stocuri anuale, atât fluviul Rhon și principalul afluent Durance puteau acoperi cerințele de apă ale întregului teritoriu Provençe. Poziția altimetrică a acestor râuri nesatisfăcând condițiile irigației gravitaționale, s-a ales ca sursă de apă râul Verdon – situat la

partea superioară a întregului teritoriu, ocupând cote dominante (350-500 m).

Deși condițiile de relief și geomorfologie, ca și traseele extrem de lungi pentru aducțiuni (sute de km) au ridicat o serie de probleme în fixarea soluției și a tehnologiilor de execuție, s-a adoptat și materializat (1965) soluția gravitațională (fig. 2.24).

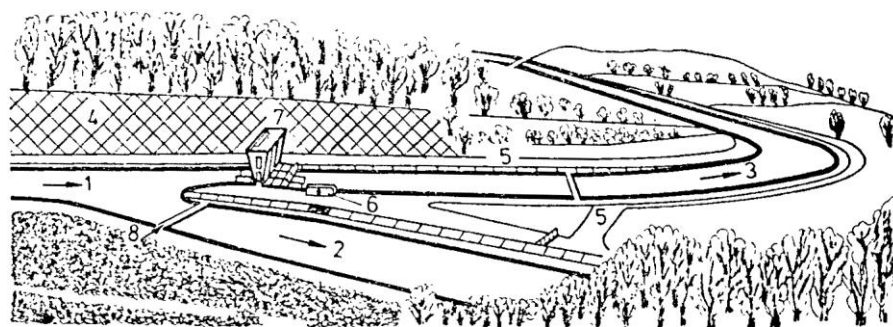
În fixarea traseelor și a debitelor (volumelor) s-a ținut seamă de asigurarea cu apă a tuturor cerințelor de orice ordin, pentru întreg teritoriul dominat de Sistemul de Irigații „Canal Provençe”.

Canalul Provençe (CP) – cu priză și aducțiune gravitațională – pornește din canalul mixt pentru irigații și energie, ce se alimentează din acumularea Greoux-les-Bains, de pe râul Verdon.

Traseul canalului este condiționat de cerințele de deservire ca și de relief. Până la Rians derivațiile sunt mici (spre Centrul de cercetări atomice Cadarache), la Rians derivă ramificația Bimont, care alimentează zona Aix-en-Provençe (spre vest-s-vest); CP se orientează spre sud, unde se bifurcă (la Pourcieux) în ramificația (R) Marsiliei de est – pentru aprovizionarea cu apă (brută) a aglomerațiilor umane, industriilor și litoralului marsiliez și R. Var, care la rândul său se divide (la Signes): R. Toulon vest și R. Toulon est, care alimentează Toulonul și Hyères, cu perimetrele aferente. Din ramificația (R) Toulon est va porni o nouă derivație (Var 4) spre Centrul Depart. Var.

Înainte stabilirii obiectivelor de execuție s-a elaborat studiul cerințelor de apă (agricole, industriale, pentru consumul urban și rural) pentru întreg teritoriul, ca și resursele existente și posibile de valorificat în teritoriul dominat de Sistemul C. Provençe.

Cerințele (de apă) agricole interesând 18.300 de exploatare agricole, circa 60.000 ha irigabile, s-au stabilit printr-un studiu riguros cuprinzând: caracteristicile pedo-climatice ale fiecărei unități, culturile cele mai rentabile (în regim irigat și variate (cireși, piersici, smochini, ceapă, flori, trufandale, furaje, usturoi, pe-



**Fig. 2.24.** Centrul de priză al Canalului Provençe (Distribuitoarea Boutre): 1 – canalul mixt (E.D.F. – S.C.P.) cu un debit de  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ ; 2 – canalul hidroenergetic (E.D.F.) cu un debit de  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ ; 3 – canalul de aducțiune Provençe (S.C.P.) cu debit maxim de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ; 4 – consolidarea versanților; 5 – șosele betonate; 6 – post de comandă local; 7 – priză canalului Provençe; 8 – pasarelă.

\* Blițaru, V., „Scheme hidrotehnice complexe”, Editura Tehnică, 1980, București.

peni, roșii de conserve în zonele, interioare etc.).

Cerințele de apă pentru consumul urban-rural și industrial au avut în vedere dezvoltarea celor două sectoare la sfârșitul secolului XX.

Cerințele edilitare și igienico-sanitare se referă la ritmul de creștere a populației în cele 116 centre rurale și în cele 4 mari centre urbane (Marsilia, Aix-en-Provence, Toulon și Hyères): de la 1,4 milioane, locuitori (1962), la 3 milioane locuitori (în 1990), cu un consum anual de 1.800 m<sup>3</sup> pe locuitor.

Cerințele industriale prevăd o creștere simțitoare în centrele Toulon, Cadarache, Berre, Gardanne (Marsilia), La Ciotat și la Seyne.

Execuția Sistemului Canal Provence – condiționată de satisfacerea cu apă a servituților stabilite prin legi și decrete anterioare, precum și a obiectivelor agricole, domestice și industriale ce au atins spre sfârșitul secolului XX un volum anual de 700 milioane m<sup>3</sup> (1/3 în agricultură, 1/3 în industrie și 1/3 cerințe domestice, rurale, urbane, și turistice).

În afara acumulărilor principale, care contribuie în mod esențial la regularizarea R. Verdon, mai sunt executate alte mici acumulări, cu poziții și roluri diverse: Gréoux, Bimont, Chante-Perdrix, Laye.

Reținerea Gréoux-les-Bains (v. fig. 4.14), cu un volum de 3 milioane m<sup>3</sup> și cota nivelului superior al apei la 300 m, asigură condițiile de alimentare a „Canalului mixt E.D.F. – S.C.P.” din care derivă Canalul Provence.

– Acumularea Bimont (v. fig. 4.14), situată, spre deosebire, de cele anterioare, în zona centrală a Provence-ii, are rolul de a reține 40 milioane m<sup>3</sup> apă provenită din scurgerile locale (versanți) și din apele de iarnă ale râului Bimont, în scopul alimentării parțiale a teritoriului Aix și pentru irigarea unei suprafețe de 5.000 ha (600 exploatări agricole, irigate prin aspersiune cu conducte sub presiune, folosind 2.000 prize de distribuție și 200.000 m conducte mobile – aripi de aspersiune, deci 40 ml/ha).

Rezultă de aici că eforturile specialiștilor francezi s-au concentrat mult asupra râurilor interioare, care prin regularizare au asigurat:

– stabilirea unui regim de curgere în conformitate cu cerințele agro-economice, hidro-energetice, edilitare, industriale și turistice;

– prevenirea inundațiilor și înmlăștinărilor, frecvente astfel în lunci și îndeosebi în bazinul inferior al Duranței și Rhôn-ului;

– evitarea ridicării prin pompare a apelor fluviului Rhône, care scaldă teritoriul Provence la partea sa inferioară.

Această soluție a asigurat folosirea complexă a apelor interne și amenajarea integrală a teritoriului aferent Sistemului Provence.

### 2.3.3.2. Sistemul Canalul Magistral Siret-Bărăgan

#### 1. Soluția care se aplică\* – (figura 2.25, Proiect ISPIF)

Spațiul Siret-Ialomița reprezintă teritoriul delimitat la nord de acumularea Adjud, la sud de râul Ialomița, la vest de limita economică a extinderii irigațiilor (sau de limita lucrărilor de combatere a eroziunii solului), iar la est de râul Siret și de limita sistemelor de irigație amenajate cu apă din Dunăre. Spațiul Siret-Ialomița – delimitat în două zone – a fost împărțit în 10\*\* sisteme de irigații ( $S_T = 519.260$  ha) și anume (v. fig. 2.25):

1. Sistemul Ruginești – Pufești – Panciu	23.000 ha
2. Sistemul Cotești – Râmnicu Sărat nord	24.075 ha
3. Sistemul Bilești – Ciorăști	28.800 ha
4. Sistemul Gologanu – Nănești	24.387 ha
5. Sistemul Bogza – Balta Albă	37.513 ha
6. Sistemul Ciorăști – Măicânești	10.364 ha
7. Sistemul Râmnicu-Sărat sud	39.375 ha
S. Buzău – Sărata	113.081 ha
9. Pogoanele – Fundata	216.365 ha

Zona I – situată la nord de râul Buzău care cuprinde câmpia piemontană, câmpia Râmnicului și câmpia Siretului inferior. Zona a II-a – cuprinsă între râurile Buzău și Ialomița, face parte din câmpia Bărăganului central.

Unitățile geomorfologice din zona I sunt orientate pe direcția nord-sud, de-a lungul zonei colinare și a râului Siret. Zona I este străbătută de văi cu versanți abrupti. Din punct de vedere geologic câmpia piemontană și câmpia Râmnicului sunt acoperite de depozite argilo-prăfoase. În zona câmpiei Siretului, depozitele argilo-prăfoase și depozitele nisipoase care apar aici sunt depuse peste pietrișuri și bolovănișuri. În zona a II-a depozitele geologice sunt constituite din luturi nisipoase și nisipuri lutoase.

Câmpia este formată din alternanțe de platforme și arii depresionare. Zona I, în partea ei înaltă, prezintă un drenaj natural bun. În zona a II-a drenajul natural este, în general, redus. Pantele terenului au următoarele valori:

sub 1%	23%;
1-1,5%	71%;
1,5-3%	4%;
peste 3%	2%.

Regimul termic al spațiului Siret – Ialomița asigură condițiile necesare de creștere și dezvoltare pentru majoritatea culturilor agricole. Deficitul de umiditate din perioada de vegetație a plantelor agricole impune necesitatea introducerii irigațiilor.

\* Etapa I 1990 – primul tronson  $L = 50$  km ( $S_T = 120.000$  ha).

\*\* 10 racordează ulterior (Nămolosa– Măxineni).

Umezeala relativ scăzută a aerului indică ascendența secetelor atmosferice, de care trebuie să se țină seama în stabilirea metodelor de udare. Frecvența relativ mare a vânturilor cu viteze de peste 3 m/s indică necesitatea unor măsuri organizatorice în aplicarea udărilor.

*Regimul hidrogeologic* prezintă o varietate relativ mare de situații. La nord de Milcov, apa freatică este cantonată în depozite aluvionare de pietrișuri, bolovănișuri și nisipuri, întâlnindu-se la adâncimi mai mari de 5 m. Între râurile Milcov și Buzău, stratul freatic este localizat în depozitele nisipo-prăfoase, la adâncimi de 1-10 m, apa având un slab caracter ascensional, debite reduse, viteze mici de curgere și mineralizare 0,5-5 g/l.

În spațiul cuprins între râurile Buzău și Ialomița  
apa freatică este cantonată de asemenea în depozite de  
nisipuri fine și nisipuri prăfoase, întâlnindu-se la adân-

cimi de 1-7 m, în strânsă legătură cu micro-relieful. O raionare a adâncimilor pânzei freatice se prezintă, sintetic, astfel:

- Suprafețe cu adâncimi freatice sub 3 m 27,2%;
- Suprafețe cu adâncimi freatice între 3-5 m 40,0%;
- Suprafețe cu adâncimi freatice între 5–10 m 24,0%;
- Suprafețe cu adâncimi mai mari de 10 m 8.8%.

Din punct de vedere al apartenenței teritorial-administrative și al situației agriculturii din perimetrul spațiului, situația se prezintă, în linii generale, astfel:

- Județul Vrancea deține 151.676 ha;
- Județul Buzău deține 229.522 ha;
- Județul Galați deține 6.448 ha;
- Județul Brăila deține 31.780 ha (Racordarea sistemului Nămolosa Măxineni);
- Județul Ialomița deține 81.481 ha;
- Județul Prahova deține 18.953 ha.

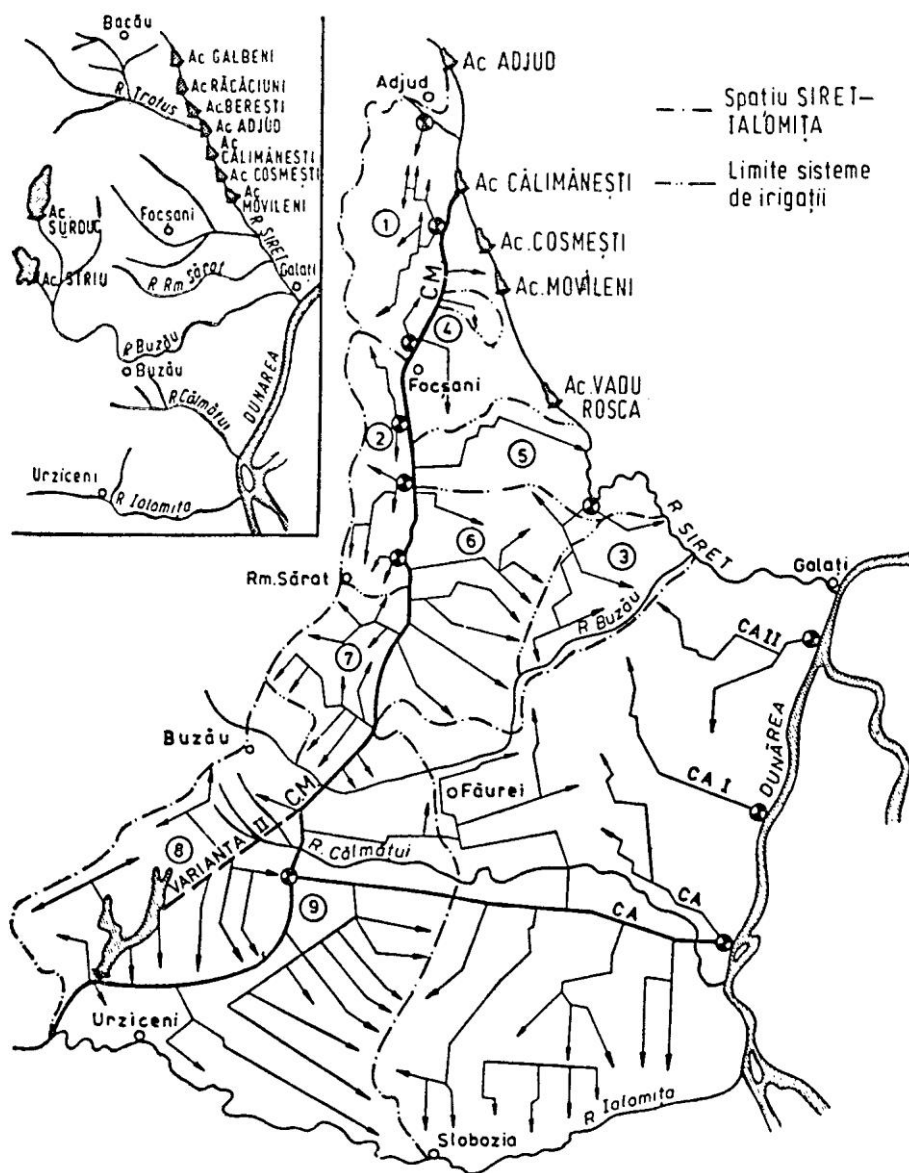
Total: 519.260 ha

Terenurile agricole reprezintă 87,5% din suprafața globală a spațiului. Terenurile agricole prevăzute la irigații au următoarele folosințe ( $S_T = 519.260$  ha):

- arabil 86,2%;
- pășuni 8,3%;
- fânețe 0,2%;
- vii 4,8%.

## 2. Schema hidrotehnică de amenajare a spațiului Siret-Ialomița și lucrările de îmbunătățiri funciare necesare

Spațiul Siret-Ialomița este prevăzut să fie alimentat cu apă din canalul magistral Siret-Bărgan. Canalul este proiectat pe un traseu având cotele predominante ale terenului cuprinse între 70 și 75 m. Cota fundului canalului la priză este de 68,60 m, iar cota apei în același punct este de 75,00 m. Debitul frontal al canalului este de 200 m<sup>3</sup>/s. Canalul magistral asigură alimentarea gravitațională a canalelor de distribuție, pentru irigații din partea stângă a acestuia și a stațiilor de pompare pentru ali-



**Fig. 2.25.** Sistemul Canal Magistral „Siret – Bărăgan”: a – Lacuri de acumulare care deserveșc spațiul Siret-Ialomita; b – Sisteme de irigații în Bărăganul de Nord.



mentarea de pe partea dreaptă.

Rețeaua de canale de distribuție este formală din canale trasate aproximativ pe curba de nivel în zona de vest a spațiului, cu repompări pe trepte de nivel și din canalele orientate pe direcția nord-vest – sud-est, în partea de est a spațiului. În zona a II-a, cuprinsă între râurile Buzău și Ialomița, datorită condițiilor locale de microrelief, schema hidrotehnică a rețelei de canale nu se mai încadrează în această regulă generală.

Lungimea rețelei de canale de irigație este aproximativ 1.400 km.

Rețeaua de canale de distribuție a fost concepută în ideea de a permite conectarea sistemelor de irigație Nămolosa-Măxineni, Grădiștea-Făurei-Hârlău, Ianca-Surdila-Greci, Călmățui (parțial) și Ialomița-Călmățui (de asemenea parțial), în total circa 200.000 ha.

Aceste sisteme vor primi apă din canalul magistral numai în anii medii. În anii secetoși, sistemele respective vor rămâne tributare Dunării. Această soluție pune problema reversibilității unor canale, în special al canalului de aducțiune al sistemului Ialomița-Călmățui. Interconectarea sistemelor de irigație rezolvă o problemă de gospodărire zonală a apelor și permite realizarea unor mari reduceri de consumuri de energie, în exploatarea sistemelor de irigație menționate, aproximată la circa 140 milioane kWh pe an (în anii medii).

O altă soluție adoptată în schema hidrotehnică este cea privind valorificarea energiei de relief existentă în zona I cuprinsă între Adjud și râul Buzău. Pantele relativ mari ale terenului din partea de est a zonei permit realizarea de microhidrocentrale pe canalele de distribuție. Energia electrică ce poate fi obținută prin valorificarea energiei de relief din spațiul respectiv se aproximează ca fiind de circa 8 MW.

Lucrările de îmbunătățiri funciare prevăzute în spațiul Siret-Ialomița sunt următoarele (ISPIF, 1988):

– Irigații	519.200 ha;
– Desecări (lucrări noi)	120.000 ha;
– Desecări (completări)	30.000 ha;
– Drenaje (lucrări noi)	49.000 ha;
– Lucrări de ameliorare a sărăturilor	50.000 ha;
– Lucrări noi de CES	12.000 ha;
– Completări lucrări CES (existente)	32.000 ha;
– Amenajări de ravene și torenți	120 km;
– Regularizări de râuri interioare	550 km.

### 3. Probleme specifice

Un prim aspect care se pune, în amenajarea pentru irigații a spațiului Siret-Ialomița este cel privind cantitatea și calitatea apei de irigație. Canalul magistral asigură un debit specific de 0,46 l/s și ha, față de 0,56 l/s și ha cât s-a prevăzut în dimensionarea amenajărilor de irigații, acceptându-se ideea nesimultaneității irigațiilor întregului spațiu.

*Hidromodulul de 0,56 l/s și ha reprezintă două norme a 600 m<sup>3</sup>/s în luna de vârf la interval de 15 zile:*

*Canalul magistral – Bărăgan are o lungime de circa 200 km și este proiectat să transporte un debit nominal de 200 m<sup>3</sup>/s la priză și 50 m<sup>3</sup>/s pe tronsonul final. Canalul este betonat monolit.*

*Resursele de apă ale zonei.* Pentru asigurarea debitului necesar în amenajările de irigații la asigurarea de 80%, resursele de apă luate în considerație de ICPGA sunt:

– cedări de debite din acumularea Izvorul Muntelui (930 milioane m<sup>3</sup>) în anii secetoși;

– acumulările Galbeni, Răcăciuni și Berești pe râul Siret, în amonte de Adjud (200 milioane m<sup>3</sup>);

– acumularea Adjud (300 milioane m<sup>3</sup>)\*;

– acumularea Sîriu (180 milioane m<sup>3</sup>) și Surduc (185 milioane m<sup>3</sup>) pe R. Buzău.

Volumul mediu multianual necesar irigațiilor în spațiul Siret-Ialomița este de circa 1.100 milioane m<sup>3</sup>.

#### 2.3.4. SOLUȚII DE SCHEME HIDROTEHNICE COMPLEXE GRAVITAȚIONALE PENTRU IRIGAȚII ȘI PRODUCERE DE ENERGIE, VALORIFICÂND RESURSELE DE APĂ – DE COTE ÎNALTE – ALE ÎNTREGULUI TERITORIU AMENAJABIL. EXEMPLU COMPLEXUL PLOVDIV-PASARDJIK, BULGARIA

Irigarea gravitațională a Câmpiei Trace, străbătută central de fluviul Marița, constituie cel mai reprezentativ exemplu de amenajare complexă cu independență energetică pentru „irigații” și „hidroenergie”, prin valorificarea tuturor resurselor de apă ce udă acest teritoriu și care-și găsesc descărcare în fluviul Marița, care ocupă cotele cele mai joase ale zonei. Din fluviul Marița nu se irigă terenul limitrof, reclamând pomparea apei; în schimb scurgerile afluenților acestuia, din stânga și dreapta, sunt reținute în zonele înalte, devenind sursele de apă și energie ale Câmpiei Trace, printr-o cascadă de acumulări, interconexiuni hidroenergetice, și transporturi de apă dintr-o parte în alta a fluviului Marița (din dreapta spre stânga), figura 2.26.

În acest, complex hidrotehnic se va putea urmări o soluție de gospodărire intensivă a apelor din zonele montane ( $H \approx 2.000$  m), de dealuri, locale și limitrofe, prin acumulări, colectări, transferuri, derivații în scop hidroenergetic, pentru irigații, alimentări cu apă și înălțurarea pagubelor produse de inundații.

\* În etapa I (1990) se execută primul tronson cu  $L = 50$  km (fără Ac. Heljud).

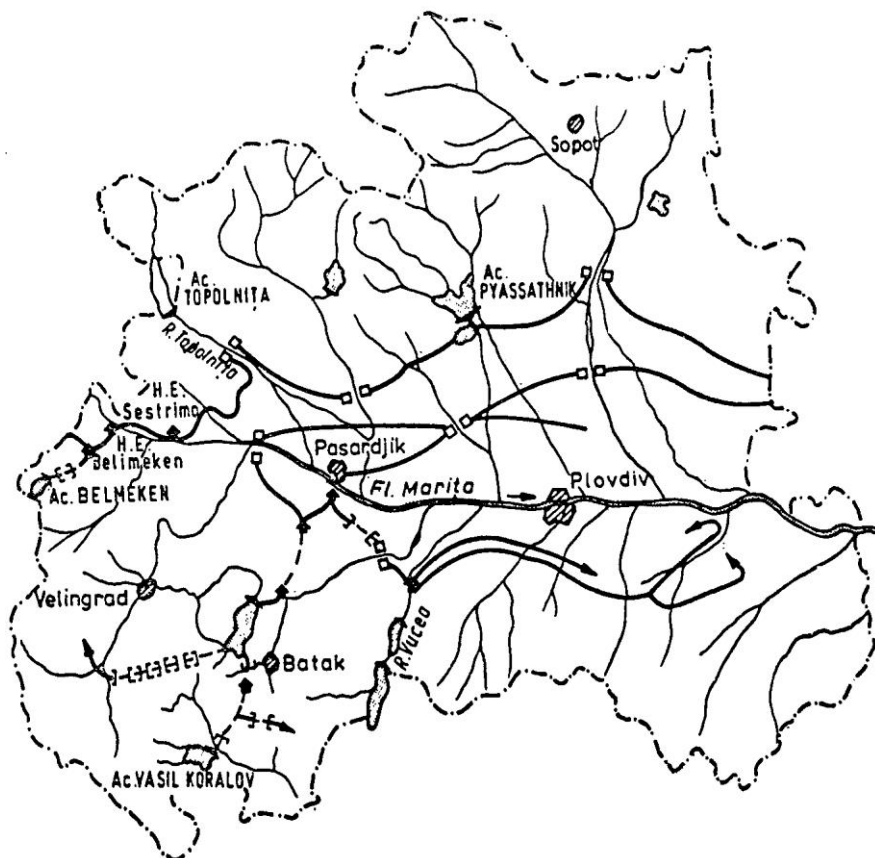


Fig. 2.26. Schema Complexului hidrotehnic Plovdiv-Pasardjik.

Suprafața aflată sub influența acestui complex hidrotehnic depășește 300.000 ha, ocupând cea mai fertilă zonă a Bulgariei – Câmpia Tracă, zona sa vestică – situată de o parte și de alta a fluviului Marița, care poartă și numele de „grădina Bulgariei”. În Câmpia Tracă se obțin cele mai mari producții de legume, fructe, struguri, plante tehnice și oleaginoase, orez, tutun, bumbac ș.a., care asigură 11% din totalul producției agricole; aceasta este și cea mai populată zonă a țării. Limitele acestui teritoriu fertil – Câmpia Tracă – sunt marcate la sud, vest și nord de masivele muntoase Rila și Rodopii, Sredna Gora și Stara Planina, din care pornesc râurile care o străbat, fluviul Marița fiind cel mai important. Bazinul său de recepție, de 21.084 km<sup>2</sup>, reprezintă 1/5 din teritoriul țării.

Teritoriul Complexului Plovdiv-Pasardjik cuprinde luncile și terasele fluviului Marița și afluenților.

Terasa fluviului Marița, în suprafață de 2.093 km<sup>2</sup>, se caracterizează printr-un important depozit de aluviuni, care în zona Pasardjik atinge o grosime de 50 de metri. Nivelul apelor freatice variază între 1-3 m, producând în zonele joase adevărate mlaștini. Până în prezent au fost asanate peste 38.000 ha.

Caracteristicile soluțiilor hidrotehnice ale acestui complex reliefează o gândire nouă și avansată a specialiștilor ce l-au conceput și realizat. Întregul teritoriu

este limitat și dominat de surse de apă create prin acumulări de zone înalte, rezultat al captărilor, derivațiilor și transferurilor între bazine hidrografice limitrofe. Astfel:

- Sectorul N și NV al complexului se află sub dominarea rețelei de acumulări și derivații Topolnitsa-Lessichevo-Pyassatchnik-Stryma;
- Sectorul S-V este dominat de cascada de acumulări hidroenergetice Belmeken-Sestrino;
- Sectorul S-SE este dominat de cascadele de acumulări hidroenergetice Vasil Koralov – Batak-Aleko și Dospat-Vucha.

Terenurile amenajate pentru irigații înscriu cifre considerabile: 297.900 ha, organizate în 20 mari sisteme de irigații, dispunând de 262 stații de pompare interioare alimentate din UE proprii, totalizând un debit de 54 m<sup>3</sup>/s și 295 mici acumulări interioare cu un total de 769 milioane m<sup>3</sup> apă (în 1972). Planurile de dezvoltare prevedeau construirea unei alte serii de acumulări și compensări la nivel de peste 1 miliard m<sup>3</sup> apă.

Schema hidrotehnică a complexului, cu interconexiuni bazinale, realizate prin cascadele hidroenergetice amintite, permite obținerea maximului de randament. În valorificarea resurselor naturale, a construcțiilor și instalațiilor hidrotehnice, în coordonarea utilizării apelor regularizate cu cele ale râurilor, în perioadele de irigații, precum și utilizarea complexă a apelor și echipamentelor pentru producerea de energie electrică, aducțiuni, irigații și alimentări cu apă. Concomitent, este rezolvată și problema prevenirii fenomenelor de degradare și poluare a teritoriului și de inundații.

Datorită acumulărilor și unor derivații-conexiuni, aceste mari sisteme de irigații constituie o vastă rețea unificată de apă, cu cele mai complexe folosințe și cu cele mai mari avantaje – asupra resurselor hidraulice și agricole din zonă.

Deși fluviul Marița străbate central și longitudinal vastul teritoriu al Complexului hidrotehnic Plovdiv-Pasardjik, sursa principală de apă pentru restul folosințelor o constituie salba hidroenergetică „Topolnitsa-Pyassatchnik”, „Belmeken-Sestrino”, „Batak-Aleko” și „Dospat-Vucha”, amplasate pe afluenții fluviului Marița și Mesta, cu interconexiunile acestora. Teritoriul irigat, încadrat în 20 mari sisteme, amplasate de o parte și de alta a fluviului Marița, valorifică apele complexului hidroenergetic situate chiar pe versantul

opus amplasamentului acestora. În această privință Sistemul Topolnița, care este și cel mai mare, poate constitui exemplul și din punct de vedere al marginii, dar și al concepției interconexiunilor complexe.

În continuare va fi prezentat unul din cele mai reprezentative sisteme de irigații complexe, cu independență energetică.

### 23.4.1. Sistemul „Belmeken-Sestrimo”

Cascada hidro-energetică Belmeken-Sestrimo (v. fig. 2.27) (prin care se termină alimentarea cu apă gravitațională a marelui sistem de irigații Topolnița) utilizează apele de cote înalte ale râurilor Mesta și afluenților fluviului Marița care-și au izvoarele în versanții NordiEst și Sud ai masivului Rila.

Bazinul versant, care asigură apa prin 3 centuri de canale zonale, ca și prin râurile locale, cuprinde o suprafață de 473 km<sup>2</sup> (fig. 2.27).

Prin cele 269 prize de apă ale celor 3 centuri zonale de captare-alimentare (Grantchar, Djaferitsa, Marița – 1.900, Jadenitsa, Chayirski, Marița 1.200) aduce anual un volum de 358 milioane m<sup>3</sup> apă în cascada Belmeken-Sestrimo. Acest volum de apă reprezintă 91% din scurgerea totală din acest bazin.

Lungimea totală de captare-alimentare este de 272 km, din care 73 km sunt tunele. Volumele de lucrări reclamate au fost de: 4.836.000 m<sup>3</sup> terasamente deschise – debleu, 687.000 m<sup>3</sup> terasamente în tunel, 702.000 m<sup>3</sup> betoane, 673.000 m<sup>3</sup> cofraje, 5.200.000 m<sup>3</sup> ramblee.

La cele de mai sus se adaugă: 62 km impermeabilizări de canale, prin betoane, cu turnare pe loc; 128 km canale prefabricate din beton; 63 km tunele fără presiune; 6,5 km tunele sub presiune, 5,6 km düchere.

Cascada energetică Belmeken-Sestrimo cuprinde un baraj (Belmeken) și 3 centrale hidroelectrice (fig. 2.28) cu o putere totală de 755.000 kW. Apa acestei cascade HE irigă 60.000 ha în complexul Plovdiv-Pasardjik, sistemul Topolnița.

Recuperarea investițiilor este prevăzută pe o perioadă de 6-7 ani.

În secțiunea din figura 2.28 se poate citi poziția, cota și modul funcțional al relațiilor: baraj-contrabaraj-acumulare-rezervor compensare-canale zonale de captare alimentare-hidrocentrale și volume acumulări.

**1. Barajul Belmeken** este din anrocamente cu nucleu din argilă; are înălțime de 98 m și o lungime la

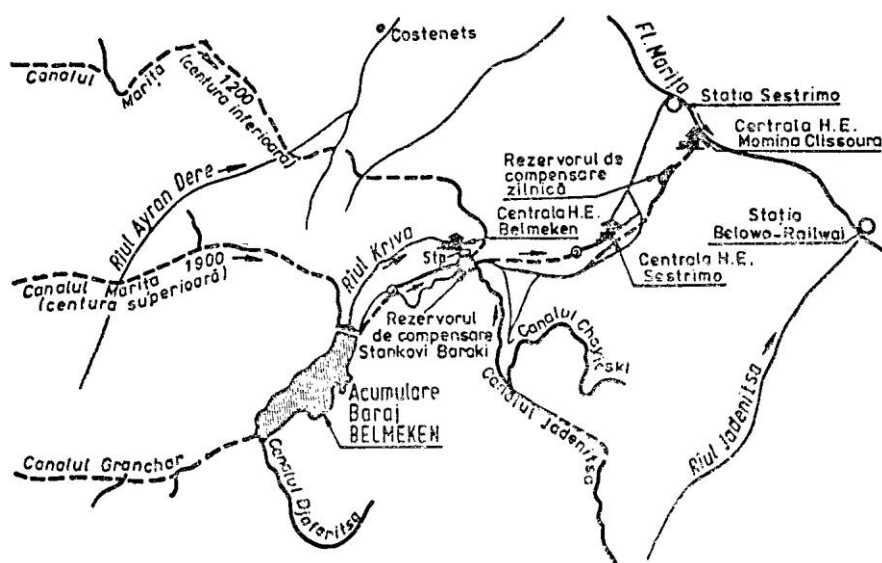


Fig. 2.27. Schema Sistemului Belmeken-Sestrimo.

coronament de 735 m. Lățimea maximă la bază este de 400 m, iar volumul rambleului este de 4 milioane m<sup>3</sup>. Volumul de apă înmagazinat este de 145 milioane m<sup>3</sup>; anual se tranzitează prin lac 358 milioane m<sup>3</sup>. Lacul de acumulare este limitat, spre coada lacului, printr-un contrabaraj cu înălțimea de 30 m, care barează valea de sud-vest.

Alimentarea cu apă a acumulării barajului Belmeken se face în principal prin cele două centuri superioare de canale zonale de captare-alimentare:

– *Centura I – superioară* cuprinde canalul Grantchar (pe stânga) și canalul Djaferitsa (pe dreapta).

– *Canalul de alimentare Grantchar* se află la cota 2.000 m (v. fig. 2.27 și 2.28, are o lungime de 54,6 km și transportă, cu un debit de 23,2 l m<sup>3</sup>/s, un volum anual de 85,5 milioane m<sup>3</sup>, de pe un bazin de recepție de 82,3 km<sup>2</sup>, prin intermediul a 61 prize de apă. Acest colector zonal primește și apele canalelor de aducțiune Monastirska, Hiena și Bistrisa în lungime totală de 82 km (din care 20 km tunele), de pe un bazin de recepție de 70,8 km<sup>2</sup> prin intermediul a 88 prize de apă. Volumul anual de apă adus de aceste 3 canale este de 85 milioane m<sup>3</sup>.

– *Canalul de alimentare Djaferitsa* face parte tot din centura superioară – care alimentează pe dreapta acumularea Belmeken cu un volum anual de 3,3 milioane m<sup>3</sup> apă, colectată prin 15 prize de pe un bazin versant, de 4 km<sup>2</sup>. Canalul are o lungime de 10,5 km și un debit de 0,55 m<sup>3</sup>/s.

– *Centura II* cuprinde canalul Marița 1.900 în lungime de 25 km (din care 16 km tunele), care colectează, prin 18 prize, apa de pe un bazin hidrografic de 67,7 km<sup>2</sup>. Cu un debit de 12 m<sup>3</sup>/s, acest canal alimentează acumularea Belmeken cu un volum anual de 73 milioane m<sup>3</sup> apă.

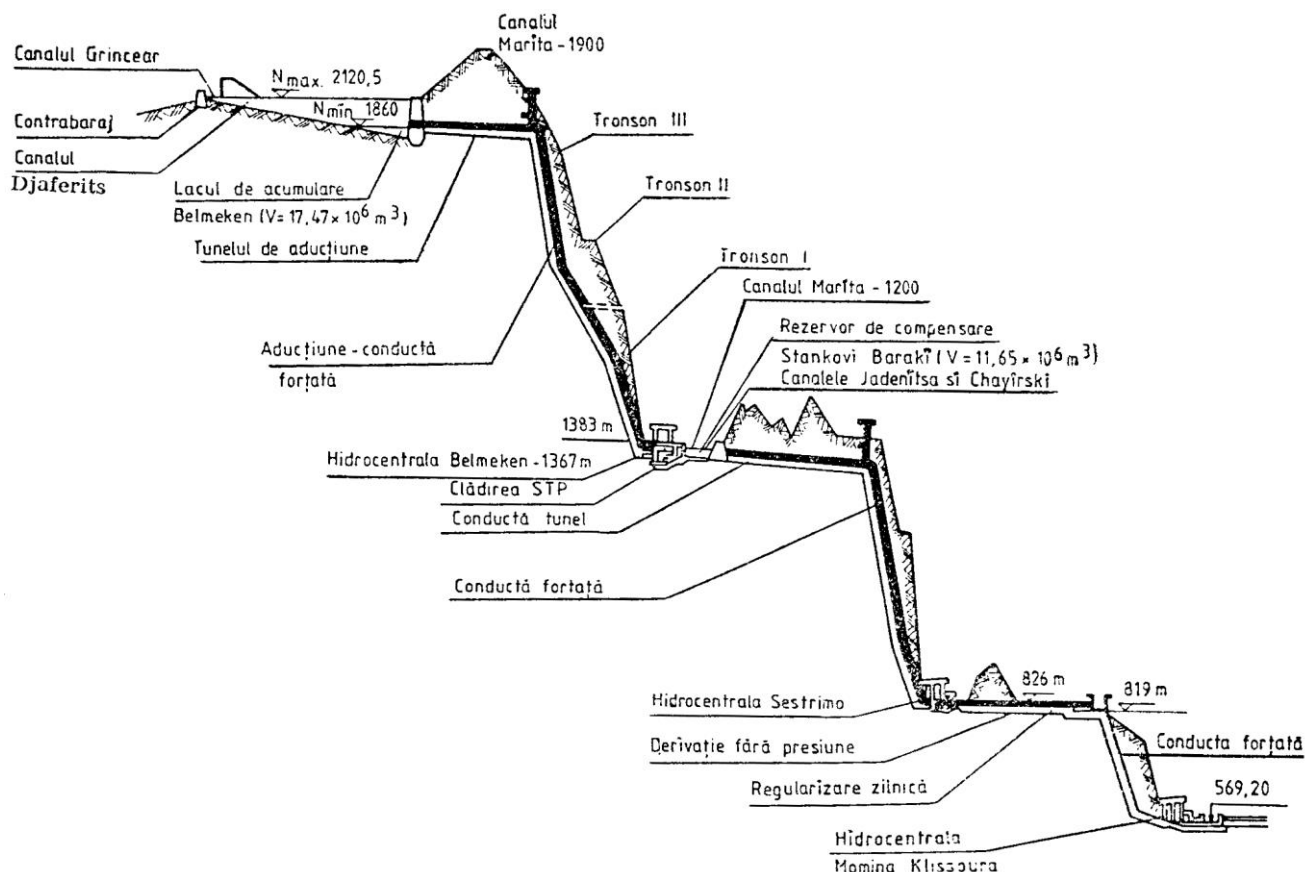


Fig. 2.28. Cascada hidroenergetică și pentru irigații Belmeken-Sestrimo

**2. Centrala hidroelectrică Belmeken** este amplasată în regiunea Stankovi Baraki și este alimentată direct din barajul Belmeken cu un debit de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  și o presiune (cădere) de 937 m (v. fig. 2.28). Elementele componente sunt: priza de apă la baraj, un tunel sub presiune lung de 3.000 m, un turn de echilibru cu o înălțime de 90 m, o conductă forțată subterană lungă de 2.400 m și clădirea hidrocentralei cu 5 agregate, din care două sunt reversibile. Hidrocentralea funcționează de asemenea și pentru pompare de acumulare. Puterea totală instalată este de 375.000 kW, iar producția anuală de energie electrică este de 570 milioane kWh.

**3. Bazinul de compensare Stankovi-Baraki** are regim de regularizare zilnică. Barajul, din anrocamente, are o înălțime de 90 m și un volum (al rambleului) de  $153.000 \text{ m}^3$ .

În acest bazin aduce apa și centura inferioară de canale zonale: Marita 1.200, Tchairski și Jadenitsa (v. fig. 2.27; 2.28).

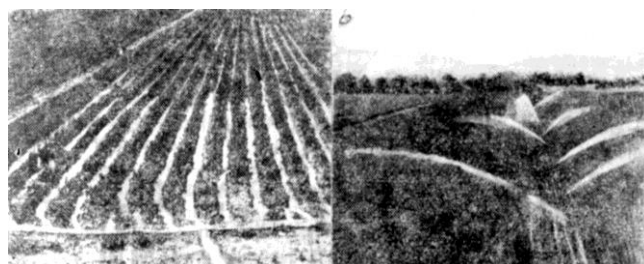
**4. Centrala hidroelectrică Sestrimo** este amplasată amonte de localitatea Sestrimo, are un debit de  $62 \text{ m}^3/\text{s}$ , o cădere de 554 m, un tunel sub presiune lung de 3.500 m, conductă forțată subterană de 1.400 m. Echipamentul hidrocentralei este format din 2 grupuri cu o putere instalată de 260.000 kW și o producție anuală de energie de 444 milioane kWh.

## 5. Centrala hidroelectrică Momina-Klissoura.

La ieșirea din hidrocentrale Sestrimo, apa este condusă printr-un canal deschis trapezoidal ( $Q = 56,90 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $L = 2.490 \text{ m}$ ) într-un rezervor de compensare ( $V = 200.000 \text{ m}^3$ ), iar din acesta, printr-o conductă forțată subterană ( $\varnothing = 4 \text{ m}$ ;  $L = 1.260 \text{ m}$ ) la cele două turbine ale hidrocentralei.

Puterea totală a HE este de 120.000 kW, iar producția anuală este de 210 milioane kWh. Căderea exploatăată este de circa 250 m ( $819 - 569,20$ ), iar debitul de  $56,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Apele uzinate prin lanțul de cascade hidroenergetice sunt valorificate în câmpie pentru irigații prin brazde și aspersiune (fig. 2.29 a, b).



**Fig. 2.29.** Irigații în Câmpia Tracă, cu apă uzinată în cascada hidroenergetică Belmeken-Sestrimo: a – Irigare de suprafață prin brazde lungi; b – Irigarea prin aspersiune, cu energia de poziție.

### 2.3.5. SOLUȚII DE SISTEME DE IRIGAȚII CU INDEPENDENȚĂ ENERGETICĂ PRIN INTERCONECTAREA SURSELOR DE APĂ. EXEMPLU DIN STÂNGA RÂULUI TAE DONG, COREEA

Un exemplu reprezentativ de schemă hidrotehnică complexă, cu interconexiuni de surse de apă pentru irigații, cu independență energetică, îl constituie Complexul hidrotehnic din stânga râului Tae Dong, Coreea (fig. 2.30).

Întreg teritoriul este de tip colinar, străbătut de văi (late de 5-20 km) cu versanți înalți, care se continuă cu zonă de câmpie spre colectorul principal râul Tae Dong.

Toate cursurile de apă ce-și transportă apele prin câmpie, direct spre colectorul central râul Tae Dong, sau prin afluentul principal al acestuia râul Chaer-Yong,

sunt barate în zonele înalte (deal și coline), cu baraje de greutate și din materiale locale. Au fost realizate astfel acumulările de contur și cote înalte care sunt prezentate în figura 2.30 prin denumire, volum și cota terenului (cotele sunt raportate la nivelul Mării Galbene).

Acumulările, cu rol prioritar pentru irigații, sunt folosite și în scop energetic, piscicultură, agrement și protecția mediului.

Toate acumulările sunt interconectate, prin canale deschise, galerii și tunele.

Astfel, Acumularea Soo-Hing ( $V_u = 184$  milioane  $m^3$ , iar volum anual colectat: 200 milioane  $m^3$ ) este interconectată cu alte două acumulări prin intermediul canalelor și tunelelor (17 tunele). Acumularea (cu baraj de greutate cu  $L = 300$  m și  $H = 50$  m) are ca folosințe:

- irigă 41.000 ha (98 cooperative agricole);
- alimentarea cu apă a 9 orașe;
- agrement și piscicultură.

Priza (captarea) apei din acumulare se face prin intermediul canalului de fugă al MHE (5 MW); canalul magistral este dimensionat la un debit maxim de  $70 m^3/s$ , debitul normal fiind  $40 m^3/s$ .

Amenajările de irigații Soo-Hing (41.000 ha) sunt realizate pentru:

- submersie (orez) 25.000 ha;
- brazde (porumb și livezi) 13.000 ha;
- aspersiune (legume) 3.000 ha.

Brazdele au lungimi între 50 m pe terenurile nenivelate și 200 m pe cele nivelate (care ocupă 40%).

În ploturile irigate prin aspersiune se utilizează tuburi de fontă ( $\varnothing 100-150$ ) pentru antene, cu un consum mediu de 50 ml/ha. Aducțiunile și distribuțiile sunt de tip gravitațional; pentru unele terenuri de cote înalte, pe versanți se pompează apa folosind energia proprie din acest sistem.

O altă verigă în lanțul interconectării resurselor de apă o reprezintă acumulările. Unpa (v. fig. 2.30), cu:  $V_{ac} = 300$  milioane  $m^3$ ; baraj din pământ cu nucleu de argilă ( $L = 1$  km,  $H = 10$  m); cu MHE de 10 MW; suprafața bazinului de recepție 43 mii ha; nivelul apei în lac fiind la cota 50 în față de Marea Galbenă (cota terenului 38,0 m).

Distribuția apei se face tot gravitațional, printr-o rețea de canale ce interconectează și alte acumulări. Canalul magistral cu un debit maxim  $Q = 35 m^3/s$  se

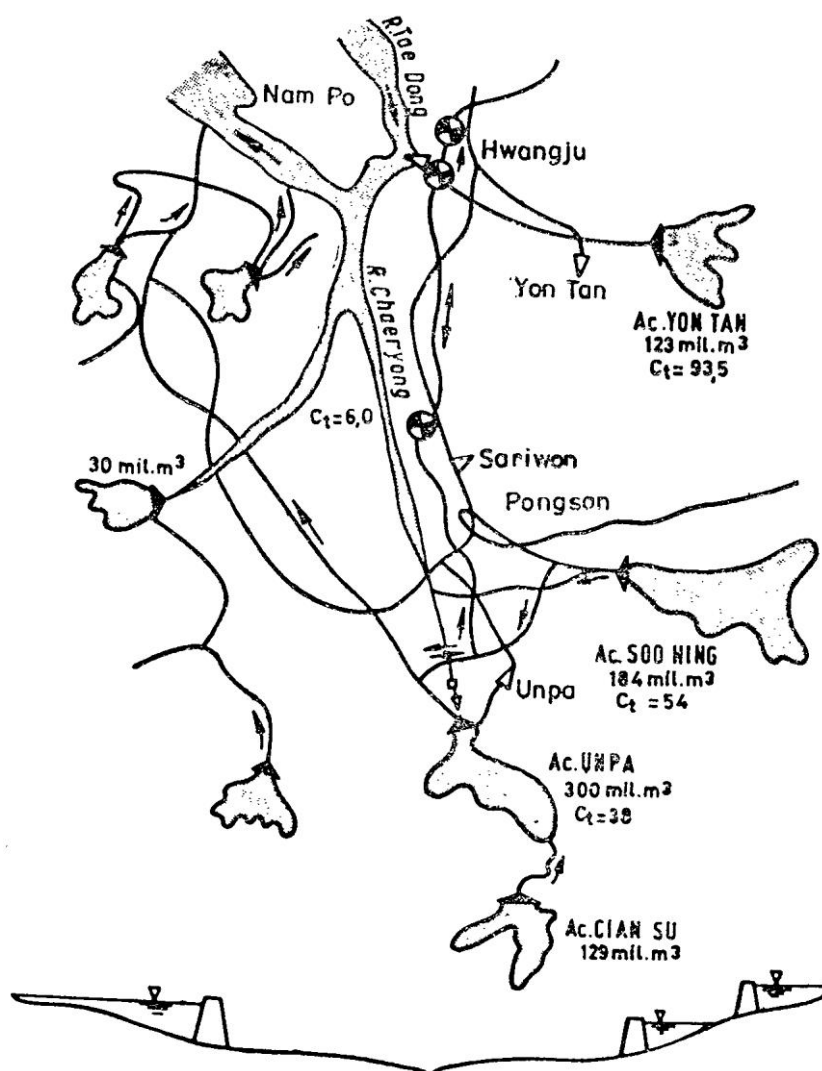


Fig. 2.30. Schema complexului de irigații cu independență energetică din stânga râului Tae Dong, cu interconectarea surselor de apă.

bifurcă în 2 ramificații cu lungimi de 90 km și 54 km.

Suprafața irigată (gravitațional și cu unele pom-pări locale folosind energia din SI propriu) este de 26.000 ha; folosind ca tehnici:

- submersia pentru orez (20.000 ha);
- brazde (4.000 ha) și aspersiune (2.000 ha)

pentru alte culturi.

Acest sistem, cu sursa în Ac. Unpa, deservește 140 gospodării colective.

### 2.3.6. SOLUȚII DE IRIGARE A TERENURILOR DE COTE ÎNALTE FĂRĂ CONSUM DE ENERGIE DIN EXTERIOR, SAU CU CONSUM DE ENERGIE REÎNNOIBILĂ

Sunt frecvente situațiile terenurilor irigabile cu amplasări pe versanți, cu rețele de aducțiune la diverse altitudini, raionând pe zone suprafețele irigabile.

În afara soluțiilor de genul celor înscrise în cap. 2.2 privind „reducerea consumului de energie”, pot fi valorificate soluții de irigare pe zone, cu independență energetică, folosind instalații (aparate și mașini) de transformare a energiei hidraulice primare (EHP) în energie hidraulică secundară (EHS), de genul *berbecilor hidraulici și a turbinopompelor*.

La aceste instalații, care reprezintă o combinație între dispozitivul de ridicat apă și motorul hidraulic, debitul  $Q$  ce intră în instalație ( $Q = Q_0 + q$ ) se împarte în:  $Q_0$  „debit activ” care acționează instalația și  $q$  debitul care trebuie ridicat pentru irigații (alimentări cu apă ș.a.) „debit util”.

În zonele cu regim eolian favorabil acționării *motoarelor eoliene*, poate fi valorificată energia eoliană în scopul ridicării apei pentru irigarea terenurilor de cote înalte, asigurând astfel, total sau parțial, independența energetică (față de energia convențională).

#### 1° Ridicarea apei de irigat pe zone, cu independență energetică, prin folosirea turbotransformatorului hidraulic

– *Turbinopompele* sunt agregate la care turbina și pompa centrifugă sunt montate pe același ax. Ele pot fi de mare importanță în sistemele mari de irigație pentru ridicarea de debite mari

la înălțimi mari. Instalarea lor presupune însă existența unor condiții favorabile de căderi de apă de minimum 2,5-3 m, obținute în special pe canalele terminale ale canalelor de irigație, pe partea inactivă a canalului magistral, pe canalele zonale, situate pe versanți la cote diferite (fig. 2.31). La proiectarea sistemelor de irigație trebuie acordată în primul moment o mare atenție acestei probleme.

Legătura dintre debitul de apă care trece prin turbină ( $Q$ ) și cel ridicat de pompă ( $q$ ) este dată de relația:

$$Q \cdot h \cdot \eta_T = q \cdot H \cdot \eta_P \quad (36)$$

în care:

$Q$  este debitul care trece prin turbină;

$H$  – presiunea apei la turbină;

$\eta_T$  – randamentul turbinei, egal cu circa 0,85;

$q$  – debitul de apă ridicat de pompă;

$\eta_P$  – randamentul pompei;

$h$  – înălțimea de ridicare a pompei.

În fig. 2.32 se arată o instalație de turbinopompe cu patru agregate, care dau un debit total de apă de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , având diametrul conductelor de 105 și 130 cm.

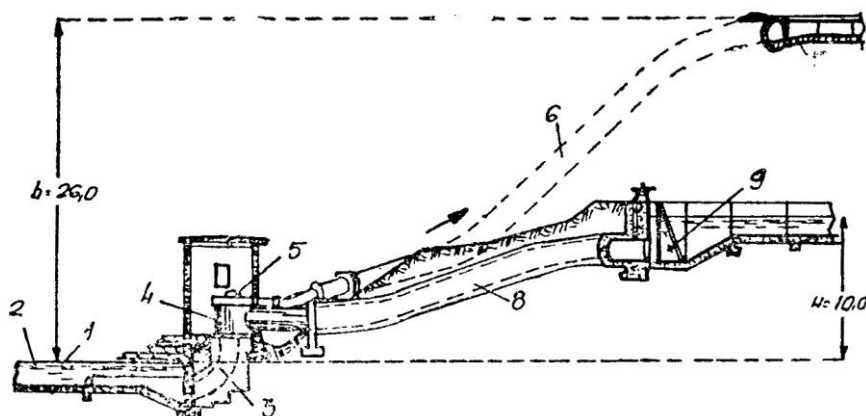


Fig. 2.31. Soluție pentru alimentarea cu apă a suprafețelor irigabile situate la cote superioare canalelor de aducțiune: 1 – canal principal; 2 – nivelul normal al apei; 3 – conducta de evacuare; 4 – turbină; 5 – pompă centrifugă; 6 – conductă forțată de refulare; 7 – canal superior – pentru irigare; 8 – conductă forțată din beton armat;

9 – canalul de distribuție (rezervor).

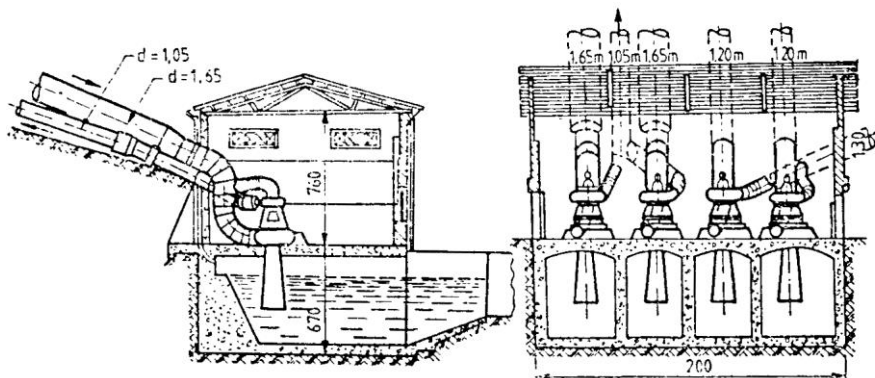


Fig. 2.32. Schema unei instalații cu patru agregate de turbinopompe.

Agregatele turbinopompe prezintă următoarele avantaje: pot ridica un debit mare de apă la o înălțime relativ mare; au un randament mare, pompa fiind așezată pe același ax cu turbina; instalația este simplă, rezistentă și de dimensiuni mici; deservirea este ușoară; cheltuielile de investiții ale acestei instabilii, în raport cu acelea ale altor instalații, sunt mici; tot așa și cele de exploatare.

În schimb, dezavantajele pe care le prezintă sunt următoarele: necesitatea de a crea pe canal o cădere de apă concentrată, precum și posibilitatea evacuării apei de la turbină: posibilitatea de instalare numai pe canalele mari, fiind nevoie de debite mari; cerința de pompe speciale cu turații mici, corespunzătoare turbinelor.

Pentru soluția canalelor magistrale (CM<sub>1</sub>, CM<sub>2</sub>) din sistemul de irigații propus „Iași-Vaslui-Botoșani”. sunt îndeplinite aceste cerințe.

## 2° Ridicarea apei – pentru irigații și desecări – prin valorificarea energiei regenerabile

După 1980, sursele de energie reînnoibile – forța vântului, energia geotermală și electricitatea din lumina soarelui – reprezintă preocupări de seamă în rândul celor interesați în valorificarea energiei (inclusiv pentru irigații și desecări), ca și în rândul specialiștilor proiectanți (din domeniul aerospațial, mecanic, energetic, hidrotehnic etc.).

1. *Forța vântului* se situează în primele rânduri ale surselor reînnoibile de energie în unele țări: Statele Unite, Canada, Danemarca, Olanda, Rusia, Suedia, Marea Britanic și Germania (după Christopher Flavin și Sandra Postel, 1984).

Au fost realizate generatoare eoliene cu o lungime a elicelor egală cu cea a aripilor unui avion gigat și cu o capacitate de producție de până la 5.000 kilowați, care poate acoperi nevoile de energie a 1.000 locuințe moderne.

Prima instalație eoliană de uz municipal a fost instalată la Livingston, Statul Montana, în 1982.

În unele, părți din California, Midwest-ul Statelor Unite, nordul Europei ș.a., unde viteza vântului atinge în medie 12 mile (1 milă = 1.609,341 m) pe oră și unde petrolul este folosit în mod curent pentru generarea de energie electrică, fermele eoliene se apropie de nivelul de viabilitate economică (Ch. Flavin și S. Postel), tabelul 2.3.

Obiectivul Comisiei pentru Energie din California a fost de a ajunge la o putere instalată de 4.000 megawați până la sfârșitul secolului XX, pentru a asigura 8% din necesarul de energie electrică a statului.

În Olanda s-a avut în vedere ca în anul 2000 să se asigure 7% din necesarul de electricitate al țării pe baza

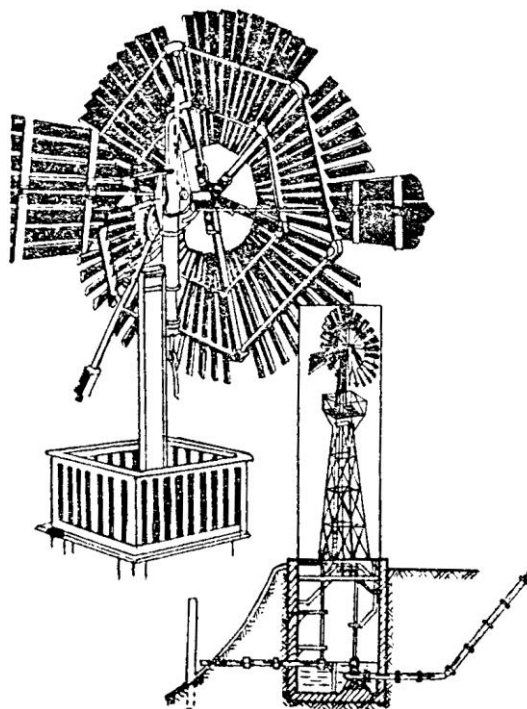
puterii vântului. În anul 1984 s-a amenajat o fermă eoliană experimentală de 10 megawați.

**Tabelul 2.3.** Fermele eoliene din California, 1981-1984

Anul	Unități instalate (bucăți)	Capacitate instalată (MW)	Capacitatea medie (kW)	Prețul de cost mediu (dolari per kW)	Energie electrică produsă (milioane kWh)
1981	144	7	49	3.100	1
1982	1.145	64	56	2.175	6
1983	2.493	172	69	1.960	74
1984	4.687	366	78	1.870	250
Total	8.469	609	72	—	330

Cu toate că anumite tipuri de instalații puse în mișcare de vânt au fost folosite de peste 3.600 ani (Egipt) pentru ridicarea apei, de la adâncime, pentru agricultură, abia la începutul anilor '80 s-au realizat sisteme eoliene centralizate care produc pentru centrele furnizoare de electricitate. „Fermele eoliene” – grupuri de turbine conectate la rețeaua electrică – produc în prezent energie electrică pe baze comerciale în California.

Instalațiile eoliene folosite în irigații și desecări au cunoscut o evoluție interesantă, pornind de la simplele palete cu pânze și până la motoarele autoreglabile, cuplate direct cu agregatul de ridicare a apei (șurub hidraulic, pompă – fig. 2.33).



**Fig. 2.33.** Motor eolian folosit la irigații și desecări.

Sursa de energie pe care o oferă vântul este ieftină și puterea ei depinde de viteza și frecvența acestuia, tabelul 2.4.

\* Blidaru, V., „Scheme hidrotehnice complexe”, Editura Tehnică, București, 1986.



**Tabelul 2.4.** Producția de energie în funcție de viteza vântului

Viteza vântului (m/s)	3	4	5	6
Puterea instalată (kW/km <sup>2</sup> ) a motoarelor eoliene	140	339,	650	1.010
Producția anuală de energie (mii kWh/km <sup>2</sup> )	260	469	820	1.350

Proiectarea unui agregat eolian reclamă un studiu amplu asupra regimului vânturilor din zona respectivă (direcții, frecvențe, intensități, durate).

Un asemenea studiu permite stabilirea lucrului mecanic care se poate obține folosind energia vântului. Se poate calcula deci aproximativ puterea produsă de agregat într-un anumit interval (tab. 2.5).

Din tabelul 2.5 se vede că, acolo unde viteza medie anuală a vântului a fost de 4 m/s, numărul de ore anual în care vântul a băut, cu diferite viteze, a fost:

- 307 ore cu viteza de 0 m/s;
- 630 ore, cu viteza de 1 m/s;
- 1.415 ore cu viteza de 3 m/s;
- 52 ore cu viteza de 10 m/s etc.

Folosirea energiei eoliene implică, în afara echipamentului specific (motor eolian și dispozitivul de ridicat apa) și amenajări sau instalații de acumulare a energiei pentru perioadele, fără vânt.

La noi în țară, viteza medie a vântului, la o înălțime de 12 m deasupra solului, este de 3,3 m/s. Regiu-

nile cu o viteză medie mai mare sunt cele din estul și sudul țării (Delta Dunării, Dobrogea și sud-estul Munteniei), unde ajunge la o viteză medie anuală între 4,6 și 4,7 m/s.

Examinând evoluția vânturilor din țara noastră se constată că vânturi cu viteze variind între 3 și 10 m/s bat timp de 5.550 de ore pe an, ceea ce reprezintă 63% din an.

În Dobrogea, Delta Dunării și în sud-estul țării, vânturile cu o viteză anuală medie de 3-10 m/s bat timp de 6.727 de ore, ceea ce reprezintă 73% din timpul total.

În general, vântul utilizabil este cel cu o viteză de 3-10 m/s.

Aceste date arată ce mare importanță ar avea-o motoarele eoliene pentru țara noastră și câtă energie gratuită se pierde prin nefolosirea lor.

Instalațiile eoliene folosite în irigații sau dese-cări se compun dintr-un motor eolian (v. fig. 2.34), un rezervor de acumulare a energiei și eventual, un motor termic de rezervă.

Folosirea motoarelor eoliene prezintă și unele dificultăți generate de:

- nefuncționarea instalației, sau randamentul ei foarte scăzut, în cazul când viteza vântului scade sub 3 m/s;
- mari variații în turație din cauza variației intensității vântului, deci neuniformitatea în funcționare;
- imposibilitatea de a transmite energia eoliană, fără transformare, la distanțe mari de motor.

Deoarece sursele de apă (râuri, canale, puțuri) sunt instalate de obicei în locurile joase, iar motorul eolian pentru a funcționa cu un randament mare trebuie instalat în punctele mai înalte, urmează ca el să fie așezat la o distanță oarecare de sursă.

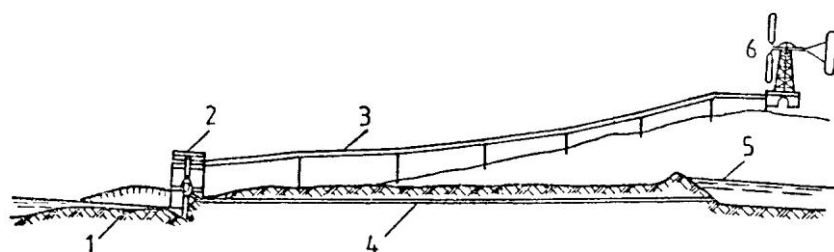
În instalațiile moderne, energia produsă de motorul eolian este transformată în energie electrică, cu ajutorul unui dinam cuplat cu motorul eolian.

Această energie electrică este apoi transmisă electropompelor care, în acest caz, pot fi instalate la distanță de motorul eolian, lângă sursa de apă (fig. 2.34).

Când energia eoliană depășește nevoile sistemului de irigație sau când este obținută într-o perioadă în care nu este nevoie de apă, se procedează la acumulare. Această acumulare se poate face fie transformând energia eoliană în energie electrică, fie înmagazinând apa în bazine de acumulare sau rezervoare.

**Tabelul 2.5.** Frecvența vântului, în ore

Viteza vântului, m/s	Viteze medii anuale, în m/s, și numărul de ore anual									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	2.230	876	500	307	175	87	52	44	18	0
1	3.600	2.020	1.030	630	376	228	149	88	62	18
2	2.190	2.590	1.700	1.070	684	420	262	187	140	70
3	653	2.020	1.990	1.445	1.003	700	462	334	228	180
4	87	873	1.710	1.610	1.310	963	700	492	350	280
5	—	330	1.050	1.445	1.445	1.210	930	685	500	394
6	—	51	525	1.070	1.310	1.320	1.100	876	700	520
7	—	—	193	640	1.050	1.220	1.180	1.030	840	684
8	—	—	62	315	700	1.000	1.120	1.100	960	788
9	—	—	—	152	376	700	963	1.033	1000	876
10	—	—	—	52	183	438	720	866	960	896
11	—	—	—	26	70	262	500	700	850	876
12	—	—	—	—	52	131	312	516	700	796
13	—	—	—	—	26	52	170	350	520	688
14	—	—	—	—	—	26	70	320	368	520
15	—	—	—	—	—	—	36	115	250	420
16	—	—	—	—	—	—	18	61	157	290
17	—	—	—	—	—	—	16	26	87	193
18	—	—	—	—	—	—	—	17	52	131
19	—	—	—	—	—	—	—	—	18	79
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61



**Fig. 2.34.** Schema unei instalații de pompare cu motor eolian așezat la distanță:  
1 – canal de aducțiune; 2 – stație de pompare; 3 – linie pentru transportul energiei de la motor la pompă; 4 – conductă forțată de refulare; 5 – rezervor de apă; 6 – motor eolian.

Se consideră că pentru țara noastră, cu suprafețe irigabile intense, amplasate la cote înalte, cel mai bun sistem ar fi acumularea apei în bazine-rezervoare construite în pământ. Pentru irigație, aceste bazine trebuie așezate în punctele cele mai înalte ale unității, iar pentru desecare în depresiuni.

Volumul bazinului trebuie astfel calculat ca acesta să poată face față regimului de irigație în timpul zilelor fără vânt, considerate a fi acelea în care viteza acestuia este mai mică de 3 m/s.

– Volumul bazinului ( $V$ ) trebuie să fie:

$$V = (t + 1) m \quad (37)$$

– Umplerea bazinului se face în  $t_u$  zile.

– Debitul pompat ( $q_p$ ) în 24 ore trebuie să fie:

$$q_p = \left(1 + \frac{t+1}{t_u}\right) \cdot m \quad (38)$$

în care:

$t$  este numărul mediu-maxim al zilelor fără vânt ce urmează consecutiv în diferite perioade (reiese dintr-un grafic de frecvență);

$t_u$  – numărul zilelor consecutive cu vânt util (cu o viteză mai mare de 3 m/s) ce se situează între două perioade de liniște (în care viteza vântului este mai mică de 3 m/s);

$m$  – consumul de apă al sistemului de irigație în 24 ore.

Suprafața care se poate iriga cu o instalație eoliană variază foarte mult, de la câteva ha la zeci sau chiar sute de hectare, în funcție de o serie de factori, și se poate determina cu ajutorul expresiei:

$$\omega = \frac{CD^2 \sum V_1^3 \cdot \xi \cdot t_1 \cdot 75\eta}{H \cdot 1000M} \quad (39)$$

în care:

$\omega$  este suprafața care poate fi irigată, în ha;

$C$  – coeficientul aproximativ 0,000065;

$D$  – diametrul roții motorului eolian, în m;

$\xi$  – coeficientul de utilizare a energiei eoliene, care se determină după caracteristicile motorului eolian respectiv în funcție de turația lui;

$\eta$  – randamentul instalației – 0,33-0,50;

$H$  – înălțimea de ridicare a apei, în metri;

$V_1$  – viteza utilă a vântului în anumite durate de timp  $t_1$  din perioada examinată, în m/s;

$M$  – norma de irigație pentru un sezon, în m<sup>3</sup>/ha;

$CD^2 \sum V_1^3 \cdot \xi \cdot t_1 \cdot 75\eta$  – producția totală de energie a motorului eolian respectiv într-un sezon;

$\sum t_1$  – durata totală de funcționare a motorului într-un sezon.

2. *Energia geotermală.* Presiunea ridicată și descompunerea elementelor radioactive în adâncul pământului generează în permanență o cantitate de căldură care iese la suprafață sub formă de izvoare termale, gheizere și vulcani.

Acolo unde așezările umane sau folosințele agro-economice se află chiar deasupra surselor geotermale, folosirea lor (pentru încălzire și alte scopuri) prezintă un grad ridicat de eficiență. Aplicații largi își găsește această energie și în încălzirea serelor din nord-vestul țării noastre (Arad, Oradea).

Cea mai simplă tehnologic pentru producția de electricitate o constituie sistemul cu abur uscat, care folosește sursele geotermale de abur sub presiune.

Folosirea energiei geotermale va lua o mare dezvoltare atunci când aceste surse vor fi folosite eficient în centrale electrice, care în 1983 atingeau cifra de 135 (tab. 2.6).

**Tabelul 2.6.** Capacitatea centralelor electrice geotermale existente pe plan mondial

Țara	Uzine electrice (unități)	Putere instalată totală (MW)
Statele Unite ale Americii	24	1.284
Filipine	14	594
Italia	41	457
Japonia	8	228
Mexic	10	205
Noua Zeelandă	14	203
Salvador	3	95
Islanda	5	41
Indonezia	3	32
Kenya	2	30
Rusia	1	11
China	10	8
Total	135	3.188

Centrala cu „ciclul binar” face posibilă producția eficientă de electricitate prin folosirea apei la temperaturi mai mici (150-200°C).

În China, Japonia, Statele Unite ale Americii, Franța ș.a. se fac studii intense pe această direcție.

Bogățiile geotermale ale pământului includ regiunea de interacțiune a crestei Atlantice cu Islanda, anumite zone din jurul Mediteranei și „inelul de foc” ce se întinde de-a lungul bazinului Pacificului. Țări ca Islanda și Filipine vor profita considerabil de pe urma bogatelor lor resurse geotermale. Dar chiar și în afara acestor zone (care formează cam 10% din suprafața uscatului de pe glob), există o abundență de surse geotermale cu temperaturi mai mici (Franța, Canada, China, Rusia, Japonia, S.U.A. ș.a.), printre care se înscrie și România. Soluția „centrală cu ciclu binar” ar putea fi studiată cu prioritate pentru ultimul caz (țări cu resurse geotermale cu temperaturi mai scăzute).

În viitorul nu prea îndepărtat s-ar putea concepe soluții de ridicare a apei în sistemele de irigații (și din sistemele de desecare) prin valorificarea energiei geotermale.

3. *Energia din lumina soarelui.* Celulele solare fotovoltaice ar putea deveni de asemenea o sursă de energie de competitivitate, cu dezvoltare rapidă în următorii ani. Rolul acestor celule solare este de a transforma lumina soarelui – cea mai abundentă și mai răspândită sursă de energie reînnoibilă – în electricitate.

Marele avantaj al acestei soluții îl constituie faptul că celulele fotovoltaice nu necesită întreținere, iar confecționarea nu ridică probleme din punct de vedere al materiei prime, aceasta fiind siliciul, al doilea element în ordinea abundenței în scoarța terestră.

O instalație de 25 kilowați care funcționează într-un sat din Tunisia (din 1982), produce energie pentru pompele de apă și alte utilaje agricole, precum și pentru consumul în gospodării.

Deși celulele solare constituie încă sursa cea mai scumpă de energie reînnoibilă, acesta este domeniul în care se înregistrează progresele mai rapide. Se apreciază că pe mijlocul sec. XXI, instalațiile fotovoltaice să furnizeze 20-30% din consumul de electricitate al globului.

Această sursă de energie trebuie avută în vedere și în agricultura modernă, în care sistemele de irigații și drenaje sunt indispensabile și care pot valorifica din plin această energie.

## 2.4. SOLUȚIE DE SCHEMĂ HIDROTEHNICĂ COMPLEXĂ GRAVITAȚIONALĂ PENTRU IRIGAȚII ȘI CU PRODUCERE DE ENERGIE ELECTRICĂ. EXEMPLU

Materialul prezentat în acest subcapitol, referitor la problema energiei în irigații și drenaje își poate găsi o largă aplicare în fixarea soluțiilor de irigații cu independență energetică în țara noastră, pe întreg terito-

riul de coline și dealuri din zona subcarpatică.

Un studiu întreprins cu mulți ani în urmă (după 1920) și reluat în ultimul deceniu, la Iași – și care poate servi ca exemplu în acest gen de soluții – analizează posibilitatea pentru irigarea Podișului Central al Moldovei – polul secetei – cu apă din râul Siret tranzitată printr-o galerie (cu scurgere liberă) spre partea superioară a bazinului hidrografic Bahlui, unde se poate acumula într-un mare rezervor (Pârcovaci). De aici apa se poate distribui gravitațional, fără consum de energie, pe întreg teritoriul dominant (circa 300.000 ha).

Schema transferului apei, precum și amplasarea rețelelor de canale magistrale (CM<sub>1</sub>, CM<sub>2</sub> și RMV, RMB) și de distribuție s-a conceput printr-o valorificare corespunzătoare a energiei de relief.

Profilul geomorfologic, transversal, pe traversa râul Moldova → râul Siret → râul Prut, cu înscrierea cotelor, justifică fixarea unei soluții de tip gravitațional cu producere de energie.

### 1° Soluția sistemului

Din râul Siret, cu suplimentare și din râul Moldova, prin intermediul acumulării Pașcani, se poate tranzita gravitațional un volum de apă anual de circa 500 milioane m<sup>3</sup> spre bh Bahlui, în partea sa superioară, la Pârcovaci II, unde există condiții de relief avantajoase pentru stocarea apei.

Din această acumulare (Pârcovaci II), cu poziție dominantă (cota 213 m RMN) asupra bh Bahlui (cote între 200-30 m RMN), se pot alimenta gravitațional canalele magistrale CM<sub>1</sub>, CM<sub>2</sub> trasate pe cotele înalte ale versanților, pe (sau în apropierea) liniilor de separație.

Asigurarea cu apă a tuturor folosințelor se realizează tot gravitațional prin rețeaua de distribuție (74 derivații principale și 2 ramificații spre județele Vaslui „RV” și Botoșani „RB”), alimentată din magistralele CM<sub>1</sub> și CM<sub>2</sub>.

Întreaga rețea de distribuție este echipată cu o cascadă de microhidrocentrale electrice (72 buc.), prin care se asigură irigarea, alimentarea cu apă și automatizarea întregului sistem.

Prin schema hidrotehnică a sistemului complex de irigații „Iași – Vaslui – Botoșani”, se creează condițiile pentru realizarea, în concepție de independență energetică și autogospodărire, a următoarelor obiective majore:

- irigații pe circa 241.000 ha (deci 80% din total);
- alimentarea cu apă a 157 unități piscicole (aprox. 3.600 ha);
- alimentarea cu apă a 99 centre agroindustriale (beneficiind și de acumulări locale);
- protecția mediului și echilibrul ecologic al întregii suprafețe dominată de schema hidrotehnică prin:

– lucrări de protecția terenurilor în pantă pe circa 170.000 ha;

– desecări pe circa 55.000 ha;

– drenaje pe circa 29.000 ha;

– regularizări de văi și râuri pe 905 km.

Structura Schemei hidrotehnice o constituie principalele secțiuni (cap. 7, „Scheme hidrotehnice complexe”, V. Blidaru, Editura Tehnică, 1986);

1. Transferul interbazinal al apei (din râul Siret și râul Moldova în bh Bahlui), în soluție gravitațională;

2. Acumularea interioară și central dominantă (gravitațional) „Pârcovaci II”, care devine sursa de apă a întregului Complex teritorial „Iași – Vaslui – Botoșani”, asigurând autogospodărirea teritorială a apei în orice condiții de secetă sau folosințe suplimentare pe Siret;

3. Rețeaua de aducțiune și distribuție magistrală, de tip gravitațional;

4. Distribuțiile intergospodărești – comunale de tip gravitațional (74 canale echipate cu microhidrocentrale);

5. Hidroenergia în cadrul schemei hidrotehnice gravitaționale;

6. Automatizarea și dispecerizarea întregii scheme hidrotehnice și a rețelelor de irigare și alimentare cu apă (v. cap. 3, fig. 3.42.)

# PROBLEME DE AUTOMATIZARE ÎN CADRUL SISTEMELOR COMPLEXE DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE

## 3.1. CONCEPȚII ASUPRA SOLUȚIILOR DE AUTOMATIZARE A SISTEMELOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE, ÎN CADRUL AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE

Extinderea irigațiilor (și drenajelor) în condițiile economisirii energiei (sau independenței energetice), materialelor de construcții deficitare, al forței de muncă și a folosirii raționale a apei nu se poate concepe astăzi fără aportul automatizării.

Automatizarea sistemelor de irigații înseamnă echiparea lor, parțială sau totală, cu elemente de automatizare. Alegerea sistemelor de comandă, reglaj și protecție (securitate) se face cu scopul satisfacerii condițiilor de funcționare a componentelor unui sistem complex de irigații:

- ansamblul de captare și mobilizare a resurselor pentru constituirea rezervelor necesare satisfacerii cerințelor când acestea se manifestă;

- ansamblul de transport al resurselor mobilizate spre locurile de folosire prin canale deschise, dacă condițiile topografice nu impun conducte subterane pe porțiuni sau pe întreg traseul;

- ansamblul aducțiune-distribuție pentru conducerea apei din canalul de transport până la parcelele de irigat;

- irigația la nivelul parcelei, cu tehnicile de irigat\*.

Pentru fiecare schemă de amenajare se va urmări noutatea adusă în funcție de obiectivele căutate, măsurându-se în termeni de cost sau economici, „satisfacerea” sau „nesatisfacerea” cerințelor.

Introducerea automatizării în exploatarea sistemelor de irigații teritoriale se impune din considerente tehnice, economice și sociale.

- Din punct de vedere *tehnic*, automatizarea complexă permite o folosire la maxim a capacității sale, mărirea siguranței funcționării tuturor subansamblelor, optimizarea consumurilor, asigurarea unei bune funcționări a amenajării etc.

- Din punct de vedere *economic*, prin distribuirea rațională a apei, efectuată pe baza măsurătorilor și evidenței, se realizează economii importante de apă, energie electrică și forță de muncă. Totodată este posibilă stabilirea corectă a consumurilor și plăților aferente, evitându-se astfel eventualele fraude sau contestații din partea consumatorilor.

- Din punct de vedere *social* se realizează mutații în structura personalului de întreținere-exploatare, care trebuie să aibă o calificare corespunzătoare.

O automatizare complexă presupune automatizarea tuturor proceselor din sistem, reclamând investiții suplimentare și o serie de lucrări de tip special. Gradul și tipul de automatizare depinde de complexitatea problemelor sistemului hidrotehnic și de posibilitățile economice.

### 3.1.1. CONCEPȚII PRIVIND CONTROLUL GESTIUNII RESURSELOR DE APĂ ÎN SISTEMELE DE IRIGAȚII DIN CADRUL AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE

Problema gestiunii resurselor de apă dintr-un bazin hidrografic sau teritoriu supus unei amenajări complexe a apărut datorită cerințelor mari de apă în continuă creștere pentru toate sectoarele economico-sociale aflate în teritoriu.

Datorită consumurilor apreciabile de apă în cadrul sistemelor de irigații se impune încadrarea acestora – ca sisteme independente sau subsisteme – în sistemele de gestiune a resurselor de apă, ceea ce determină existența unei game variate de relații între ele, relații din care se pot deduce volumele și debitele de apă precum și determina condițiile de prelevare a apei pentru sistemele de irigații.

Apare astfel necesitatea conceperii unor principii de proiectare privind controlul gestiunii resurselor, în cadrul sistemelor de irigații din amenajările hidrotehnice complexe.

Aceste principii au la bază sistemele de comandă automată, sisteme care pentru realizarea funcției de control și comandă a unui proces tehnologic (sisteme de irigații) sunt împărțite în subsisteme cu funcțiuni independente și precise (subsisteme pentru prevederea

---

\* V. „Sisteme de irigații și drenaje” – V. Blidaru, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976, cap. 8 și 9.

debitului sursei de irigație, pentru prevederea consumului de apă pentru diverși beneficiari, pentru planificarea distribuției apei, pentru organizarea consumului de apă, pentru prognoza promptă a planurilor de distribuție etc.).

Prin introducerea principiilor de proiectare a sistemelor de comandă automată, privind controlul gestiunii resurselor de apă, privind controlul proceselor de distribuție și evacuare, se dă posibilitatea rezolvării diferitelor variante de complexe de probleme ce apar în cadrul unui sistem de irigații aparținând unei amenajări hidrotehnice complexe, folosind în acest scop facilitățile oferite de S.C.A.P.T. (Sisteme de comandă automată a proceselor tehnologice) prin mijloacele de automatizare adecvate.

În cadrul unui sistem de irigații ce aparține unei amenajări hidrotehnice complexe, principalele surse de irigație sunt râurile din cadrul amenajării care au o scurgere neregularizată a apei și acumulările locale temporare sau permanente care suferă de asemenea variații stohastice a volumului înmagazinat precum și a debitului în aval de ele.

Mult timp supuse legii „primului ocupant”, repartitia resurselor, între diversele tipuri de folosințe, tinde acum să se axeze pe valoarea economică a apei și pe calitatea vieții.

Singura soluție pentru exploatarea rațională a unui sistem de irigații dintr-o amenajare hidrotehnică complexă și pentru satisfacerea necesităților de apă a tuturor beneficiarilor o constituie automatizarea, iar în cadrul automatizării, rol primordial îl ocupă automatizarea la nivelul resurselor.

Pentru introducerea automatizării la nivelul resurselor de apă este necesară folosirea unor sisteme de comandă automată, alcătuite din subsisteme tipice incluzând mijloace de automatizare cu diverse funcțiuni.

Subsistemele funcționale includ în principal încercări pentru prevederea debitului sursei de irigație, încercări pentru planificarea distribuției apei și prognoza promptă a planurilor (de distribuție), încercări pentru prevederea consumului de apă și pentru organizarea acestui consum etc.

### **3.1.2. CONCEPȚII PRIVIND COMANDA ȘI REGLAREA SISTEMELOR DE TRANSPORT ȘI DISTRIBUȚIE DESCHISE ȘI SUB PRESIUNE**

Exploatarea rațională a sistemelor hidrotehnice complexe, ce se vor extinde pe suprafețe de mii de km<sup>2</sup>, cu rețele de canale de zeci și sute de km și rețele de conducte de sute și mii de km, impune echiparea, de la sursa de apă și până la parcelele de irigat, cu construcții,

instalații, dispozitive, mecanisme și utilaje automate – hidro și tele-mecanice – perfecționate, durabile, sigure în exploatare și cu productivitate ridicată.

#### **3.1.2.1. Concepții privind tipuri de sisteme de comandă și reglaj pe rețele deschise**

Instalarea sistemelor de comandă automată a curgerii apei în lucrările de transport se impune din ce în ce mai mult pe noile lucrări puse în exploatare, tendință ce se manifestă de asemenea și pentru modernizarea funcționării canalelor existente concepute cu sisteme de reglaj sumare. Sistemele de comandă ale lucrărilor de transport au evoluat în două etape:

- într-o primă etapă prin folosirea sistemelor de comandă hidromecanică;
- în a doua etapă, prin folosirea din ce în ce mai largă a comenzilor electrice pilotate cu regulatori electronici.

Determinarea sistemului de comandă al unei lucrări de transport trebuie efectuată în urma unui studiu riguros al diferitelor posibilități susceptibile să răspundă restricțiilor de funcționare, de realizare și de exploatare. Un mijloc de definire a unei soluții tehnice, a cărei eficacitate să poată fi obiectiv demonstrată, îl poate reprezenta folosirea programelor informatice – de simulare a funcționării unui sistem. Alegerea soluției se face pe considerente economice care vor fi, după caz, completate cu posibilitățile de extindere, a sistemului în funcție de progresul echipamentului, sau de realizare a funcțiilor conexe în cadrul amenajărilor complexe.

#### **1° Sisteme de comandă și reglaj cu funcționare neautomatizată**

Sistemele care necesită comenzi manuale pe părți sau pe întregimea organului de reglaj sunt sisteme sumare și puțin eficace.

Constanța eficacității lor în timp nu poate fi garantată, deoarece calitatea reglărilor și a reacțiilor este legată de personalul ce realizează exploatarea amenajării respective.

În acest tip de reglaj manual pot fi adoptate următoarele soluții care vizează ușurarea funcționalității:

- folosirea instalațiilor de lucrări de „geniu civil” de tip deversor sau vane cu nivel amonte constant pe cursul canalului pentru a garanta coloane minime de apă în dreptul prizelor și pentru a permite formarea unei rezerve tampon;
- amenajarea de rezervoare de capăt a căror capacitate trebuie bine calculată, pentru ca toate corecțiile de reglaj la capătul canalului să fie realizate după criterii predeterminate în funcție de nivelul rezervoarelor;
- folosirea echipamentelor de transmitere a măsurătorilor pentru a ușura controlul și reglajul de la distanță.

## 2° Sisteme de comandă și reglaj cu funcționare automatizată

Sistemele de comandă cu funcționare automatizată realizează reglaje pe baza criteriilor date de comparațiile efectuate între valorile prescrise și mărimile reglate.

Mărimea reglată variază în jurul unei valori fixe, ce poate fi reactualizată automat sau nu (sisteme semi-automatizate), sub influența unuia sau mai multor elemente perturbatoare din funcționare. Mărimea reglată poate fi de natură diferită, ceea ce duce și la o diferențiere a elementelor de reglare care la rândul lor pot fi de concepție și tehnologii diverse. O diferențiere a procedurilor de reglare hidraulică după capacitatea lor de a rezolva problema majoră a curgerii libere ne conduce la apariția sistemelor cu reglatori locali și a sistemelor cu funcționare globală – reglarea dinamică.

Sistemele cu reglatori locali sunt acelea la care fiecare vană de reglaj acționează sub acțiunea unui reglator asociat. Acest element de reglare va testa ecartul între valoarea reglată și valoarea de consemn, reprezentat printr-un nivel în funcție de care se închide sau se deschide vana de reglaj în avalul biefului.

Sistemele de reglatori locali pot fi cu funcționare hidromecanică sau cu funcționare electrică.

Sistemele cu funcționare hidromecanică, prin constituție, nu pot testa decât un nivel foarte apropiat de vană, prezentând inconvenientul că nu sunt sensibile la condițiile din amonte.

Pe plan general, caracteristica sistemelor hidromecanice este de a nu face apel la electronică. Inconveniente lor cele mai de seamă sunt: complexitatea și costul vanelor, supradimensionarea cerută, riscurile de blocaj cu materiale în suspensie și neetanșitatea, imposibilitatea folosirii lor pe unele tipuri de aducțiuni complexe cu căderi sau cu diferențe de sarcină amonte – aval mari, riscuri de instabilitate în funcționare. Pentru toate acestea, se asociază lucrărilor importante un sistem de telecomandă, făcându-se apel la electronică și teletransmisie.

Sistemele cu funcționare electrică deschid eventualele posibilități de punere în valoare a principiilor de comandă adaptate la problemele de rezolvat, incluzând reglatoare PID și sisteme bival cu reglaj al unui nivel intermediar.

Reglatoarele PID (Action proportionnelle, integrale et differentielle)\* folosesc ca variabilă reglată nivelul în avalul biefului (sau într-un rezervor de capăt).

Semnalul de corecție este:

$$e = V - b \quad (1)$$

în care:

$e$  este semnal de corecție;

$V$  – valoarea de nivel consemnată;

$b$  – nivelul în avalul biefului.

Valoarea corecției de debit ieșită din reglator

este:

$$\frac{r}{e} = K_p \cdot e + K_i \int e \cdot dt + K_d \cdot \frac{de}{dt} \quad (2)$$

în care:

$r$  este valoarea corecției de debit;

$K_p, K_i, K_d$  – coeficienți ai acțiunilor proporționale, integrale și diferențiale.

Variația unei valori reglate dată de un reglator PID are forma arătată în figura 3.1.

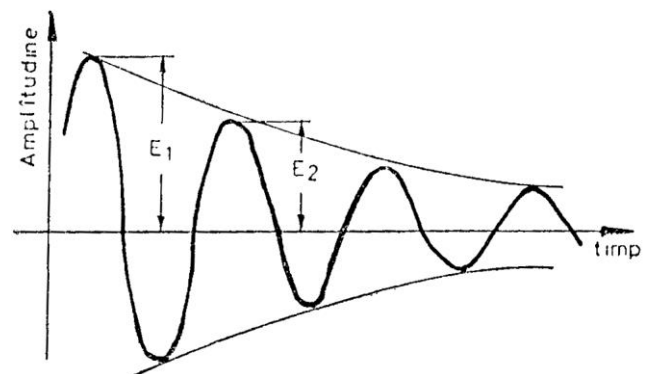


Fig. 3.1. Variația unei valori reglate dată de un reglator PID.

Reglarea parametrilor pentru a obține un sfert al amplitudinilor  $\frac{E_n}{E_{n+1}}$  cu întoarcerea asimptotică la ecart

nul și suprafață minimală este, după lucrarea lui Cohen și Coon („Studiul teoretic al reglării întârziate”), așa cum rezultă din figura 3.2 și relația:

$$K_p = \frac{R}{B' L} \cdot \frac{4}{3}$$

$$K_d = \frac{R}{2B'}$$

$$K_i = \frac{1}{2B' \cdot L^2}$$

în care:

$R$  este amplitudinea variației debitului la capăt (fig. 3.2);

$B'$  – viteza de răspuns a nivelului provocat de variația  $R$  (fig. 3.2);

$L$  – timp mort aparent (inertția hidraulică a biefului) (fig. 3.2).

După valorile de mai sus se poate observa că:

–  $K_p$  (sensibilitatea proporțională) variază cu inversul timpului mort;

–  $K_i$  (sensibilitatea integrală) variază cu inversul pătratului timpului mort și va fi deci foarte mică pentru biefuri de lungime mare;

\* Reglator cu element proporțional integral și diferențial.



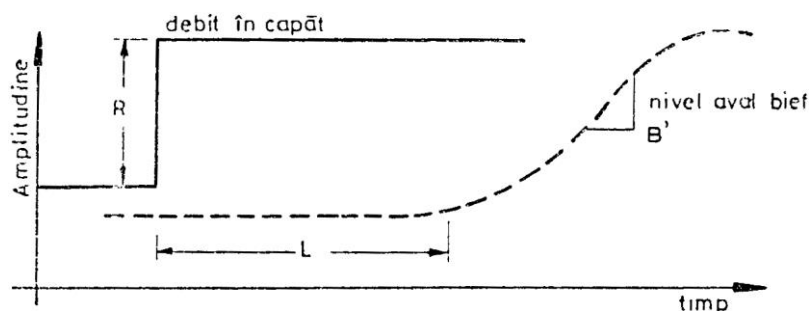


Fig. 3.2. Viteza de răspuns a nivelului provocat de variația în capăt.

–  $K_d$  (sensibilitatea diferențială) este independentă de timpul mort, depinzând doar de capacitatea rezervorului de capăt. Acțiunea derivată este eficace asupra variațiilor bruște de nivel, deci al consumului.

În concluzie, se observă că inerția hidraulică a biefului influențează considerabil PID clasică, de nivel, deci micșorează reacția sistemului de reglare.

În fața dificultăților legate de timpul-mort de reacție al sistemelor de reglare PID, societatea SO-GREAH a pus la punct un procedeu, „sistemul bival”, a cărui acțiune controlează atât nivelul aval cât și nivelul amonte din bief (simultan). O contra-reacție este asociată funcționării regulatorului la capătul biefului care ține seama de starea hidraulică amonte înainte ca aceasta să se manifeste în aval.

Această soluție duce la menținerea, pentru orice debit stabilizat în bief, a unui volum constant.

Pe planul practic regulatorul ponderează cele două nivele extreme de care funcționarea lui este asociată și acțiunea comandată tinde să readucă rezultatul ponderii la o valoare de consum predeterminată:

$$X \cdot Z_a + (1 - X) \cdot Z_b = Z_{nf} \quad (3)$$

în care:

$Z_a, Z_b$  sunt valorile extreme ale nivelului asociat regulatorului;

$Z_{nf}$  – valoarea nivelului de consum predeterminată;

$X$  – coeficient, care pentru valorile cuprinse în intervalul (0,5-1) sistemul este stabil.

Avantajul în raport cu reglarea din aval clasică este că mărimile bermelor sunt reduse.

Sistemul face apel la aparatură de măsură și transmisie a informației, necesitând instalarea unui suport de transmitere pe toată lungimea canalului.

Printre sistemele de reglare a aducțiunilor, sistemul de reglare dinamică conceput de către Societatea Canalului Provençe și de amenajare a regiunii Provençe ocupă un loc aparte. Se deosebește de sistemele anterioare mai puțin prin tehnicile de telecontrol comune mai multor procedee decât prin folosirea posibilităților date de aceste tehnici asociate informațiilor industriale în timp real, rezultând un produs original ale

cărui principii materializate în LOGICIEL, calculatorul central, se diferențiază fundamental de ceea ce s-a realizat în celelalte reglări.

Originalitatea procedurii este dată de următoarele caracteristici:

- reglarea interesează volumele de apă tranzitate pe biefuri sau stocate în rezervoare;
- reglarea este numerică programată, de tip discontinuu și sincron;
- este o rezolvare de tip previzional;
- este o reglare cu caracter global în măsura în care fiecare organ de reglaj nu acționează numai în funcție de starea părții de aducțiune sau bief care îi este direct asociat;
- este o reglare la care se poate impune nu numai un număr de restricții particulare exploatare, de tip predeterminat, dar totodată o reglare care poate optimiza dirijarea funcționării.

Folosindu-se terminologia din automatizare, reglarea dinamică poate fi definită ca fiind o reglare proporțională cu valoarea prescrisă variabilă în care elementul perturbației este temporar, fiind corectat de previziuni de consum.

Pentru a elimina inerția hidraulică a biefului, soluția adoptată ia în considerație drept variabilă nu nivelul, ci volumul real al biefului întreg. Valoarea normală în reglare nu mai este o constantă, ci este dată de previziunile de consum la fiecare pas de reglaj, cererile de debit la prize sunt prevăzute prin rețelele de corelații statistice extrapolând valorile măsurătorilor efectuate.

Este bine să se țină seama de timpul de tranzit după poziția prizelor pe aducțiuni, astfel încât să se poată anticipa reglările din amonte în aval.

O reglare proporțională, integrală și diferențială care acționează în funcție de nivelul din avalul biefului poate fi considerată descriptivă și universală, necesitând punerea în ecuații a procesului hidraulic. Calajul parametrilor de reglare se efectuează cu ajutorul modulelor matematice, cunoscându-se raportul intrare-ieșire al procesului de reglat.

### 3.1.2.2. Concepții privind modul de comandă și reglaj pe rețelele de conducte sub presiune

Până în ultimii ani, cea mai mare parte din automatizările de pe rețelele de conducte erau alcătuite din aparate hidrodinamice de concepție clasică (vane cu clapet manevrate de presiunea apei), asigurând o reglare locală. În prezent s-au pus la punct aparate cu noi performanțe, proiectate pentru a se evita problemele de cavitație.

Progrese importante s-au realizat în domeniul servomecanismelor electrice, electronice și la sistemele de comandă la distanță prin cabluri sau radio. Această evoluție permite la ora actuală să existe instalații de automatizare complexă pe conducte ce asigură o gospodărire globală a rețelei de canalizare datorită centralizării observațiilor și posibilităților date prin telecomandă.

### 1° Particularitățile rețelelor de conducte sub presiune din punct de vedere al automatizării

Reglarea conductelor sub presiune și proiectarea reguletoarelor trebuie să ia în considerație următoarele:

- Reglarea conductelor se face din aval. Conductele nu pot funcționa în bune condiții dacă ele nu sunt pline cu apă, ceea ce înseamnă ca linia piezometrică să fie totdeauna deasupra profilului longitudinal, iar organul de reglare care introduce o pierdere de sarcină variabilă trebuie să se afle în aval sau într-un punct mai jos (fig. 3.3);

- Regimurile tranzitorii sunt de durate scurte. Variațiile de debit și de presiune sunt transmise repede de la o extremitate la alta a conductei;

- Orice modificare a regimului de curgere într-o conductă duce la unde de presiune și de depresiune (lovitura de berbec), care pot fi periculoase pentru lucrări. Valoarea acestor variații de presiune depinde de vitezele de manevrare a organelor de reglaj.

### 2° Probleme uzuale de reglare pe conductele sub presiune

Reglarea din avalul conductei se face prin intermediul mărimilor caracteristice: debit, presiune, nivel. Foarte des se întâmplă ca reglarea să acționeze simultan pe două dintre aceste mărimi caracteristice. Este cazul particular al posturilor de livrare a apei.

Primul rol al unui post de livrare a apei este, în general, de a asigura o limitare de debit, dar de multe ori trebuie să se adauge o limitare de debit, sau de nivel. De exemplu, bornele de irigații pot fi considerate ade-

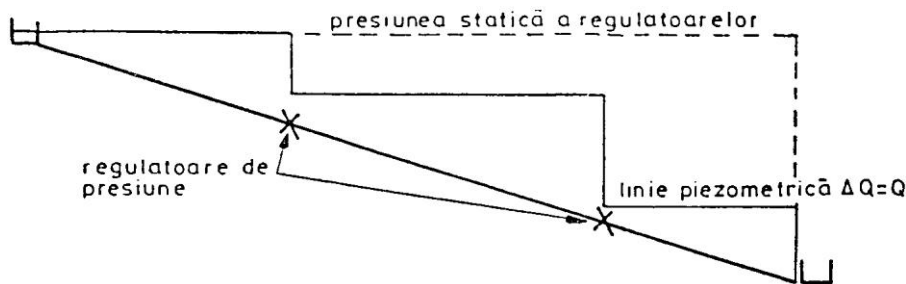


Fig. 3.4. Amplasarea reductoarelor de presiune pe aducțiunile de lungime.

vărate posturi de livrare a apei, asigurând o reglare de debit și de presiune.

Se va urmări micșorarea presiunii de serviciu pe conducte, deoarece apar pierderi importante de sarcină și apare o diferență apreciabilă între presiunea statică și cea dinamică. Rețelele de conducte fiind dimensionale la presiunea statică, din motive economice, se urmărește să se micșoreze valoarea acesteia.

Pentru aducțiunile de lungime mare este de dorit să se amplaseze din loc în loc reductoare de presiune (fig. 3.4). Când topografia terenului permite, reguletoarele de presiune pot fi înlocuite cu bazine dotate cu vane.

Repartiția debitelor este o problemă des întâlnită pe rețelele de conducte. Cazul cel mai frecvent este alimentarea a două rezervoare aflate la cote diferite prin două conducte derivate din aceeași aducțiune.

Pentru ca alimentarea rezervoarelor să se facă simultan, va trebui să se amplaseze pe conducta de alimentare a rezervorului de cotă inferioară un limitator de debit sau un regulator de presiune amonte care să mențină la nivelul punctului de repartitie o presiune suficientă pentru a alimenta rezervorul de cotă superioară (fig. 3.5).

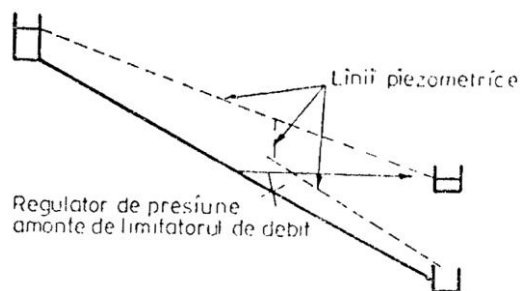


Fig. 3.5. Amplasarea limitatorului de debit.

O altă problemă este trecerea de la reglarea din amonte la o reglare din aval. Se poate cita cazul unei rețele de conducte alimentată cu debit constant prin intermediul unui canal. Din anumite motive, este imposibil să se amplaseze în capăt un rezervor de compresare.

Rețeaua alimentează pe parcurs un număr de beneficiari și în capăt un rezervor ce permite compensarea variațiilor

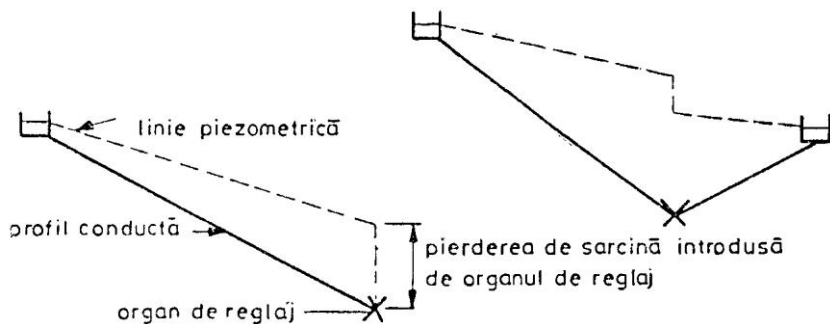


Fig. 3.3. Amplasarea organului de reglaj.

între debitul ce sosește și cel care este cerut în aval (fig. 3.6). Problema ce apare este de a menține debitul  $Q$  constant în capătul rețelei de conducte astfel încât să nu se micșoreze presiunea disponibilă pentru beneficiari. Problema a fost rezolvată prin amplasarea unei vane de reglare, în aval, la nivelul rezervorului amonte.

Vana modulează debitul  $Q$ , în funcție de cererea beneficiarilor intermediari, conform relației:

$$Q = \sum q + Q' = \text{constant} \quad (4)$$

Rezervorul amonte a fost amplasat pentru ca variațiile de nivel antrenate de variațiile cererilor să fie compatibile cu condițiile de alimentare de pe canal. Rezervorul este de volum mic și nu asigură compensarea.

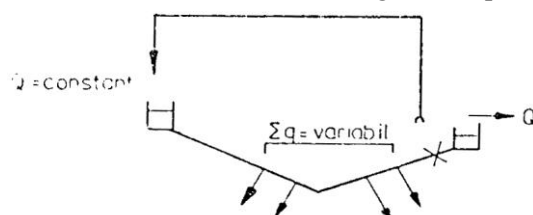


Fig. 3.6. Amplasarea rezervorului de compensare.

### 3.1.2.3. Concepții privind automatizarea stațiilor de pompare

Proiectanții și constructorii stațiilor de pompare pentru irigații depun eforturi pentru conceperea de echipamente (mecanice, pompe, motoare) robuste, prevăzute cu automatizări, în scopul limitării eforturilor de supraveghere și îmbunătățire a securității și pentru folosirea echipamentului electromecanic și a construcțiilor adecvate mediului agricol, cu investiții care să corespundă cât mai bine cerințelor. Până în prezent, echipamentele existente nu permiteau efectuarea unei reglări fine, exacte și adaptate cererii în orice moment, dar odată cu dezvoltarea tehnicii moderne devine posibilă realizarea reglărilor ținându-se seama de mai mulți parametri.

#### 1° Echipamente de automatizare clasică

Releul electromagnetic reprezintă o instalație puțin costisitoare în cazul micilor automatizări. Alimentarea se face direct cu curent alternativ, iar depanarea este ușoară, fără probleme pentru electricieni. Inconvenientul este că, odată cu creșterea importanței automatizării, crește și complexitatea instalației.

O altă instalație puțin costisitoare și folosită pentru automatizările puțin complexe este releul static. Acesta stă la baza componentelor electronice discrete: tranzistori, condensatori, rezistențe.

Instalația nu are piese în mișcare, deci nu

suferă de uzură, depanarea poate fi efectuată de personalul obișnuit și nu avem nici o restricție la instalare, cu excepția eventualelor temperaturi ale materialelor.

Inconvenientul este că instalația necesită o alimentare în curent continuu de bună calitate și câteva precauții pentru a se evita la maxim supratensiunile.

În ultimul timp au apărut o gamă variată de rele pneumatice ce permit realizarea de automatizări, relativ complexe, folosind aerul comprimat. Acest material este totuși puțin folosit în stațiile de pompare, deoarece informațiile ce trebuie analizate sunt în general disponibile sub formă electrică.

#### 2° Automate programabile. Definiții, avantaje, exemple

Numim automate programabile orice ansamblu ce permite înlocuirea unei logici cablate printr-o logică determinată prin program, fiind incluse atât ansamblele de bază de componente discrete, cât și cele pe bază de microprocesoare.

Avantajul este dat de suplețea adusă de programare. Într-un sistem clasic, orice modificare în funcționare se traduce prin intervenția la nivelul cablajului, a releelor electromagnetice sau statice. În cazul unui automat, această modificare se traduce printr-o schimbare de program, deci nici o intervenție pe cablaj. Aceasta permite să se încarce la cost minim diferite funcționări și să se aleagă situația adaptată, nu în funcție de teorie, ci în funcție de rezultate practice. Costul unui echipament automat programabil este competitiv cu soluțiile clasice, atunci când automatizarea atinge un anumit grad de complexitate (fig. 3.7).

Capacitatea unui automat realizat cu microprocesoare este suficientă pentru a îndeplini două funcții, care, până în prezent, erau separate: automatizarea și teletransmisia, adăugându-se în plus faptul că o infor-

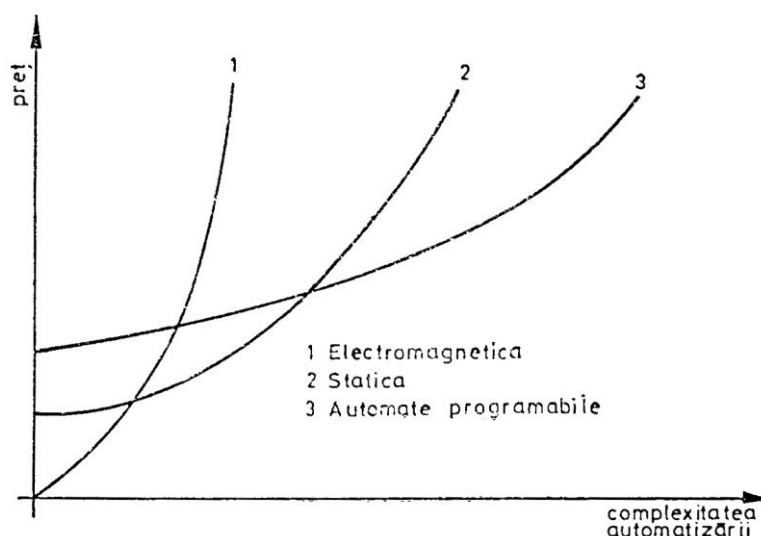


Fig. 3.7. Variația costului unui echipament în funcție de complexitatea automatizării.

mație se transmite numai în cazul când ea diferă de precedentă și deci nu se monopolizează o linie de transmisie în permanență.

Instalația este alimentată cu curent continuu sau alternativ după tipul de memorie ales.

Concentrarea tuturor funcțiilor de automatizare obligă să se prevadă o exploatare manuală, având un minim de securitate, absolut independent de automat, astfel încât să se asigure o exploatare minimă în caz de avarie. Aceste echipamente când se uzează nu pot fi depanate decât de personalul specializat.

Folosirea automatelor programabile va avea drept consecință o precizie ridicată în reglare, ducând la o bună adaptare a instalației în orice situație fără a se complica echipamentele de automatizare.

Societatea Canalului Provençe folosește stații de pompare echipate cu automate programabile. Reglarea se face pe un rezervor de mare capacitate destinat compensării punctelor rețelei.

Soluția a fost reținută datorită costului ei în comparație cu soluția clasică.

Stația a fost prevăzută să fie echipată cu patru grupe de electropompe, fiind realizată în prima fază cu numai două pompe. Soluția automatizată, fiind de capacitate suficientă pentru cele patru grupe de electropompe, costă mai puțin față de soluția cu relee statice prevăzută pentru două pompe.

La Compania Națională pentru amenajarea Rhônului de Jos, Languedoc, stația de pompare din Naurauze este echipată cu grupe de pompe cu viteze variabile și cu viteze fixe comandate de un automat programabil.

Automatul programabil ia în considerație vitezele minime și maxime ale grupurilor cu viteze variabile, pentru a pune în funcțiune sau a opri grupurile cu viteze fixe. Ținând seama de variația înălțimilor de refulare ale grupurilor de pompare, variațiile datorate condițiilor de alimentare din retenție, extremele (pragurile) vitezelor maxime și minime considerate sunt diferite pentru fiecare caz de funcționare.

Acest aparat este capabil să asigure funcții de reglare, calculând de fiecare dată, pentru semnalul de ajustare a vitezei, o componentă proporțională cu ecartul dintre presiunea de consemn și presiunea măsurată și o componentă proporțională integralei acestor ecarteri.

Automatul a fost exploatat și pentru transmisia mesajelor codificate între stația de pompare și blocul de exploatare a retenției, ceea ce a permis economisirea sensibilă de cabluri de legătură între aceste lucrări.

### 3° Echipament de recirculare a apei în rețea

La o stație de pompare, care alimentează direct o rețea de irigații, fără castel de echilibru, recircularea apei în rețea după o întrerupere de energie este o pro-

blemă destul de greoaie, mai cu seamă în cazul în care se urmărește o funcționare automatizată.

Societatea Neyrpic, filiala „Alsthom Atlantique”, a pus la punct o vană și un microprocesor, echipament bine adaptat acestei probleme.

Vana proiectată este o vană de reglare cu orificii multiple numită Monovar, care pe plan hidraulic are următoarele avantaje:

- repartiția vitezelor în secțiunea conductei este restabilă puțin aval de vană;
- variația debitului funcție de deschiderea vanei este aproape liniară.

Microprocesorul se numește Debivar, este programat astfel încât să poată realiza anumite funcții plecând de la valorile instantanee ale presiunilor amonte și aval și de la poziția vanei. Aceste funcții sunt:

- recircularea apei în rețeaua comandată de automatismul local;
- reglarea presiunilor în rețea;
- limitări de debit;
- măsurători de debit și însumarea volumelor ce au fost consumate.

### 3.1.3. CONCEPȚII PRIVIND AUTOMATIZAREA IRIGAȚIEI LA PARCELĂ

Obiectivele principale care sunt urmărite prin introducerea automatizării în irigația la parcelă sunt: pe de o parte, căutarea unei mai bune concordanțe între regimul de irigație și exigențele culturilor, iar pe de altă parte, economia de mână de lucru.

#### 3.1.3.1. Automatizarea în concordanța „posibilități – cerințe”

În producția intensivă, scopul de a satisface mai bine exigențele culturii a dus la punerea la punct a sistemelor automatizate pentru aprecierea nevoilor irigației.

În Franța, printre numeroasele sisteme de prelevare a informațiilor în vederea automatizării irigației, două metode sunt suficient de fiabile și au cunoscut o dezvoltare impetuoasă: radiația globală și tensiometria.

Plecând de la relația:

$$E_a = f(RG) \quad (5)$$

în care:

$E_a$  este evapotranspirația sub adăpost;

$RG$  – radiația globală,

Villele și Chiappale au pus la punct, pentru culturile realizate sub adăposturi, un automat capabil să comande irigația pe mai multe căi independente (10-24 căi). Acest echipament este alcătuit dintr-un captator solar care măsoară radiația globală în afara adăpostului. În

declanșarea udărilor se ține seama de transmisibilitatea pereților adăpostului, de tipul culturii și de stadiul ei de dezvoltare, de evapotranspirație. Când însumarea evapotranspirației estimate atinge o valoare egală cu afișajul irigației ales ( $X_{mm}$ ), un aport este automat realizat.

La Societatea Canal Provençe și de amenajare a regiunii Provençe, o metodă originală de folosire a tensiometriei în scopurile de a dirija irigația localizată a fost experimentată cu succes și dă multe posibilități de automatizare.

Principiile ce stau la baza acestei metode de folosire a tensiometriei sunt următoarele:

- în jurul punctului de aport, există un gradient al umidității legat de difuzia apei și folosirea ei de către rădăcini, astfel că orice modificare a stării de tensiune în periferia volumului considerat arată o evoluție a conținutului de apă inerentă, fie unei subirigații, fie unei suprairigații;

- ajustarea regimului intervenției astfel ca starea de tensiune (măsurată în câteva puncte) să nu difere prea mult de o valoare de referință inițial observată;

- acest sistem este asociat doar irigațiilor cu frecvență mare, pentru care starea hidrică a solului nu evoluează decât într-o mică proporție.

Avantajul acestei metode este de a controla, pe teren, rezultanta interacțiunilor care au loc în relația: climă – sol – apă – culturi.

În funcție de observațiile tensiometrice, intervenții periodice manuale sunt efectuate pe programator cu comandă automatizată a distribuției, pentru a modifica volumul aporturilor.

Rezultatele foarte bune obținute, referindu-se la reacția culturilor și la economiile de apă frecvent observate, au justificat continuitatea cercetărilor pentru automatizarea tuturor proceselor.

### 3.1.3.2. Automatizarea pentru economisirea forței de muncă

Scopul automatizării este declanșarea operațiilor de începere și de oprire a udărilor în timpul optim, cât și montarea echipamentelor de udare cu un efort redus din partea personalului muncitor. Deci se va urmări automatizarea comenzilor de udare și automatizarea mutării echipamentelor de udare.

Automatizarea comenzilor de udare se efectuează cu ajutorul sistemelor cu comandă hidraulică, a sistemelor cu comandă electrică sau a sistemelor mixte.

Sistemele cu comandă hidraulică au avantajul că ele folosesc presiunea apei din rețea și nu cu altă sursă de energie. Apariția vanelor volumetrice, care asigură o evidență a curentului de apă și comandă întreruperea debitului atunci când volumul afișat a fost distribuit, a permis trecerea automată de la un post la altul sub formă de comutație secvențială.

Sistemele cu comandă electrică sunt alcătuite dintr-un ceas care permite comanda deschiderii sau închiderii uneia sau mai multor electrovane în timpul unei secvențe predefinite.

Ceasul acționează un programator ale cărui caracteristici și funcții pot fi diverse. Acest tip de comandă este folosit când electricitatea este disponibilă pe locul irigației.

Combinarea comenzii electrice cu cea hidraulică a dus la realizarea sistemelor mixte.

Astfel, Compania națională pentru amenajarea Rhônului de Jos Languedoc (C.N.A.B.R.L.), în cooperare cu „Asistența industrială din Dauphin” a realizat o vană volumetrică cu caracteristici noi. Vana are particularitatea de a avea funcțiile de afișaj și de armare separate, ceea ce permite telecomandarea rearmării prin simpla impulsie hidraulică sau electrică comandată de un programator de capăt.

În acest sistem, Compania pentru amenajarea mlaștinilor din Gascogne a studiat un „monitor” ce generează periodic un impuls care comandă închiderea vanei udătorului aflată în funcțiune și punerea în funcțiune a altui aparat.

Micul consum de energie al dispozitivelor electronice a permis folosirea lor cu o sursă de electricitate autonomă puțin costisitoare și de mici dimensiuni (baterii de 6 V).

Astfel, în S.U.A. a fost concepută și studiată o vană hidraulică ce este comandată de o mică vană electrică care, la rândul ei, este comandată printr-un ansamblu programabil autonom funcționând cu energia unor mici baterii. Ansamblul este folosit pentru automatizarea comutației secvențiale a irigației prin scurgere la suprafață.

Automatizarea mutării echipamentelor de irigații are o mare importanță, deoarece această operație este foarte grea și cere mână de lucru numeroasă.

În cadrul parcelelor de dimensiuni medii, se folosesc „tunurile de udare automotoare”, ce se deplasează automat după axe paralele și udând în consecință benzi paralele.

Viteza de înaintare este folosită pentru a adapta volumul de apă derivat în timpul deplasării, cu doza colectată. Un dispozitiv oprește automat aparatul când ajunge la capătul cursei. Deplasarea ansamblului este asigurată numai în interiorul unui post de udare, deci este necesară o intervenție manuală pentru a trece de la un post la altul.

În cadrul parcelelor de dimensiuni mari se folosesc rampe ce se deplasează datorită unei surse de energie hidraulică, termică sau electrică, alimentate cu apă fie printr-un canal, pentru rampe cu deplasare frontală (siderall și rampe frontale), fie printr-un pivot central, pentru rampe rotative. Aceste sisteme sunt instalate

anual sau definitiv pe o parcelă dată și se amplasează pe parcele mari (30 ha minim pentru rampe rotative, mai mult pentru rampe frontale).

Aceste mașini, a căror viteză de deplasare este reglabilă pentru a modula doza de udare, au o funcționare total automatizată, fiind inclusă și oprirea fie la sfârșitul irigației, fie pentru cauze accidentale.

Se poate preconiza comanda lor de către un programator, făcând să varieze aportul în funcție de nevoile culturilor.

### 3.2. PROBLEME DE AUTOMATIZARE ÎN CONTROLUL ȘI GESTIUNEA RESURSELOR DE APĂ CU IMPLICAȚII ASUPRA SISTEMELOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE. EXEMPLU

În cadrul sistemelor de irigații s-au făcut studii privind optimizarea din punct de vedere calitativ și cantitativ a distribuției resurselor de apă, resurse reprezentate în general prin acumulări locale și cursuri de apă (râuri).

Prin introducerea „Sistemelor de comandă automată a proceselor tehnologice” (S.C.A.P.T.), sistemul de irigație este privit ca un ansamblu de procese tehnologice (subsisteme tehnologice ce compun structura funcțională a sa), care în principal sunt următoarele:

- subsistem pentru controlul distribuției scurgerii neuniforme a surselor de apă, reprezentat printr-o cascadă de lacuri și bazine cu acumulare zilnică;
- subsistem pentru controlul proceselor de distribuție a apei într-un sistem hidrotehnic complex;
- subsistem pentru controlul scurgerilor din lacurile de acumulare, în condițiile compensării debitelor insuficiente în sistem.

Una din principalele funcții ale subsistemelor tehnologice constă în distribuirea resurselor totale disponibile de apă conform cerințelor beneficiarilor, debitele optime de consum fiind calculate ținând cont și de rezervele proprii de apă ale fiecărei gospodării (prin care se asigură parțial autonomia în realizarea sarcinilor de distribuție).

În acest fel, sarcinile autonome de control a distribuției apei în interiorul subsistemelor tehnologice sunt implementate pe considerentul că debitele de apă proiectate sunt asigurate la „granițele” beneficiarilor.

Pentru rezolvarea problemei de distribuție optimă a resurselor de apă se face uz de metodele simulării sau programării dinamice – metode indispensabile rezolvării acestor tipuri de probleme.

Realizarea practică a acestui obiectiv este asigu-

rată prin utilizarea automatismelor, dispozitive mai mult sau mai puțin complexe, concepute pentru a reacționa după adevărate legi când primesc o informație sau un ordin.

Întrucât resursele de apă sunt insuficiente pentru satisfacerea tuturor necesităților dintr-un bazin hidrografic, se caută să se asigure o repartitie a lor într-un mod cât mai rațional, orientându-se spre optimizarea distribuțiilor.

Metodele cercetării operaționale și mijloacelor de calcul ale informaticii permit rezolvarea acestor probleme complexe de optimizare, utilizând programarea liniară dacă este vorba de optimizarea repartitiei resurselor în spațiu sau programarea dinamică, atunci când variabilele au un caracter aleator.

În continuare sunt descrise principiile de bază ale proiectării, algoritmi și suportul de programare pentru un complex de probleme rezolvate de sistemele automate, ce comandă procesele de distribuție a apei, redistribuirea ei și organizarea exploatarei.

Algoritmi și programele se referă la calculul automat al planificării distribuției apei și actualizarea planurilor corespunzător principiilor de bază, de optimizare a criteriilor și cerințelor practice descrise anterior.

În alcătuirea programelor apar deseori dificultăți datorită scopului extrem de larg a sarcinilor de planificare a distribuției apei între gospodării și absenței informațiilor referitoare la planificarea apei și actualizarea promptă a planurilor de distribuție.

Beneficiarii sunt grupați pe canale individuale sau grupuri de canale alimentate de la aceeași sursă (râu, acumulare sau canal de ordin superior).

Principalul obiectiv al planificării distribuției apei la un nivel ridicat de exploatare constă în determinarea căilor optime de utilizare a surselor disponibile și a acumulărilor sezoniere (definind regimurile corespunzătoare de umplere și golire a lor), precum și condițiile de exploatare a construcțiilor de distribuție și a canalelor. Un alt obiectiv al planificării distribuției apei constă în stabilirea limitelor de alimentare cu apă a grupurilor de beneficiari ce aparțin regiunii administrative a bazinului. În acest, mod cerința planificării distribuției optime este:

- poate fi implementată cu folosirea sistemelor automate pentru planificarea utilizării apei și utilizarea metodelor de calcul automat moderne;
- întrunește toate condițiile pentru exploatarea tuturor lucrărilor din bazin;
- simplifică substanțial problema de planificare optimă a distribuției apei între gospodării;
- permite automatizarea riguroasă și actualizarea planului optim.

Calculul pentru distribuția planificată a apei și

pentru actualizarea promptă a planurilor trebuie orientate în direcția obținerii de efect economic ridicat și diminuării pagubelor în timpul anilor secetoși. De asemenea, pentru sursele de apă pentru care nu sunt disponibile prognoze sigure pot fi adoptate valorile debitelor medii multianuale.

Într-o primă aproximație, consumul de apă calculat pentru gospodăria este considerat că satisface cerințele și regimurile de irigații optime. Dacă debitele calculate sunt suficiente, normele de apă maxime pot satisface conform cu planul de asigurare a unor recolte superioare, și obținerea de beneficiu. Dacă debitele de apă sunt reduse în sistem, aceste cerințe de apă pentru gospodăria vor fi reduse proporțional cu deficitul.

Un plan pentru distribuția apei între gospodării, calculat cu aceste prime date inițiale, permite determinarea într-o primă aproximație a condițiilor optime de exploatare pentru întreaga rețea de distribuție a sistemului de irigație și verificarea planurilor de dirijare a evacuărilor pentru toate acumulările sezoniere și regimurilor de aprovizionare cu apă a gospodăriilor în timpul restricțiilor.

Planul optim pentru distribuția apei între gospodării este actualizat în cazul că fermele au prezentat cereri pentru reducerea livrării apei, variațiile debitului au depășit mărimile planificate sau o eroare în prevederea scurgerii a depășit limitele admise, corecțiile fiind introduse numai pe baze bine fundamentate.

Funcția de control a procesului tehnologic de distribuție a apei este realizată de o serie de sarcini cu rol determinant, astfel:

- sarcini pentru verificarea centralizată și transmiterea acțiunilor de control; acestea sunt realizate de funcționarea ciclică a senzorilor de nivel al apei și a traductorilor de poziție a stavilelor construcțiilor de reglare prin liniile de comandă la distanță;

- sarcini ce au rolul de a asigura legătura conversațională între sistemul de comandă automat și dispecerul personal (al fiecărui beneficiar);

- sarcini pentru calculul parametrilor tehnologici, ce duc la realizarea funcțiilor de evacuare a apei și acumulare, potrivit cu nivelul apei și poziția stavilei;

- sarcini pentru planificarea debitului surselor de irigație, între beneficiari (folosirea metodelor de analiză a seriilor – timp pentru algoritmizarea sarcinii de prognoza a debitului);

- sarcini pentru controlul numeric direct, realizând funcțiile de control imediat al stavilelor de reglare;

- sarcini pentru verificarea distribuției apei și evidența acestei distribuții;

- sarcini pentru analiza de control calitativ ce dau posibilitatea de perfecționare a funcțiilor de determinare operațională a preciziei distribuției apei.

Algoritmizarea acestor sarcini poate fi dirijată pe

calea programării matematice (liniare).

Sistemul automat pentru verificarea centralizată și controlul proceselor tehnologice de distribuție a apei este proiectat să minimalizeze pierderile de apă (neproductive) și să stabilească distribuția apei către gospodăria și reducerea forței de muncă ce deservește rețelele de irigație.

Pentru atingerea acestui scop trebuie luate măsuri pentru modernizarea construcțiilor hidrotehnice și echipamentelor hidromecanice, pentru asigurarea construcțiilor stațiilor hidrometrice prin facilitățile automatizării locale și controlul la distanță.

Principalele efecte economice obținute prin introducerea sistemelor de comandă automată sunt:

- rezolvarea „fondului de plată” în condițiile reducerii numărului de muncitori angajați în sistemele de irigații;

- creșterea veniturilor prin economia de apă în agricultură ca urmare a utilizării efective și ample a resurselor de apă.

Un *exemplu* tipic de „sisteme de comandă automată pentru procese tehnologice” aplicate în sistemele de irigații se prezintă în *Anexa I*.

## ANEXA I (Exemplu)

Aplicațiile „Sistemelor de comandă automată pentru procese tehnologice” și-au găsit o largă răspândire în Complexele de Utilizare a Apei din bazinele hidrografice a unor râuri din fosta U.R.S.S. în perioada 1970-1980. Se descriu în continuare concepțiile de proiectare și condițiile de exploatare generală tehnologică a sistemelor de irigații din complexul de folosire a apei aparținând bazinului râului Chu.

### 1° Scurtă prezentare a bazinului râului Chu

Acest bazin cuprinde o rețea interconectată largă, cu numeroase râuri neregularizate (principalele surse de irigație) ce prezintă schimbări stohastice ale debitului și un număr mare de canale principale și intergospodărești care de asemenea prezintă variații stohastice ale debitului în cursul exploatării.

Caracteristicile esențiale ale complexului de utilizare a apei în bazinul râului Chu sunt următoarele: numărul mare și distanțele mari dintre „unitățile tehnologice controlate”, schema ramificată și inelară a rețelelor de irigație, neliniaritatea caracteristicilor statice și dinamice ale unităților comandate, continuitatea și natura inerțială a proceselor supuse surselor interne și externe de perturbații stohastice eterogene.

Complexul de utilizare a apei în bazinul râului Chu include canale principale și intergospodărești a căror lungime este de circa 2.000 km, peste 100 lacuri de acumulare cu regularizare sezonieră și zilnică și un număr de stații de pompare mici, fig. 3.8).



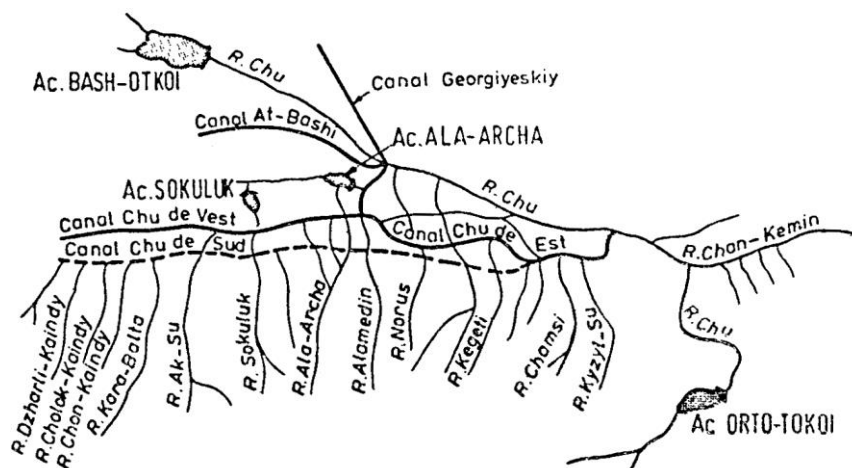


Fig. 3.8. Schema generală a Complexului de utilizare a apei în bazinul râului Chu.

Cu apa prelevată din sursele neregularizate prin cele 301 construcții de priză se irigă peste 300.000 ha.

Pe canalele intergospodărești se găsesc peste 11.000 construcții hidrotehnice și circa 2.000 stații hidrometrice. Sursele principale de irigație sunt râul Chu și afluenții săi – râuri de munte cu alimentare din ghețari și zăpadă.

## 2° Schema de exploatare a Complexului de utilizare a apei în bazinul râului Chu

Apa eliberată din rezervorul (acumularea) Orto-Tokoi și debitul evacuat din râul Chon-Kemin intră la prizele stației de pompare de la capătul canalului Buurda și apoi printr-un canal ajunge la by-passul Chu (fig. 3.9).

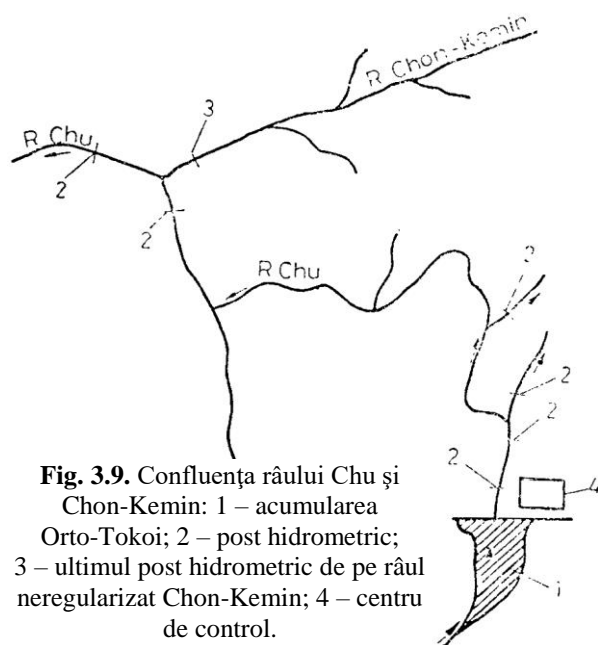


Fig. 3.9. Confluența râului Chu și Chon-Kemin: 1 – acumularea Orto-Tokoi; 2 – post hidrometric; 3 – ultimul post hidrometric de pe râul neregularizat Chon-Kemin; 4 – centrul de control.

Întrucât sunt reduse pierderile de apă prin infiltrații, by-passul Chu derivează debitul maxim, care este distribuit consumatorilor, aflați de o parte și de alta a traseului său, surplusul de apă fiind cedat marelui canal Chu de est. Canalul este alimentat pe traseul său (circa 100 km) și de apele de inundație ale râurilor de munte (Shamsi, Issyk-Ata), totalizând astfel un debit de aproximativ  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

În perioada de ape medii surplusul de debit din râul Chu (ceea ce rămâne după utilizarea de către consumatori a debitelor necesare) este descărcat în

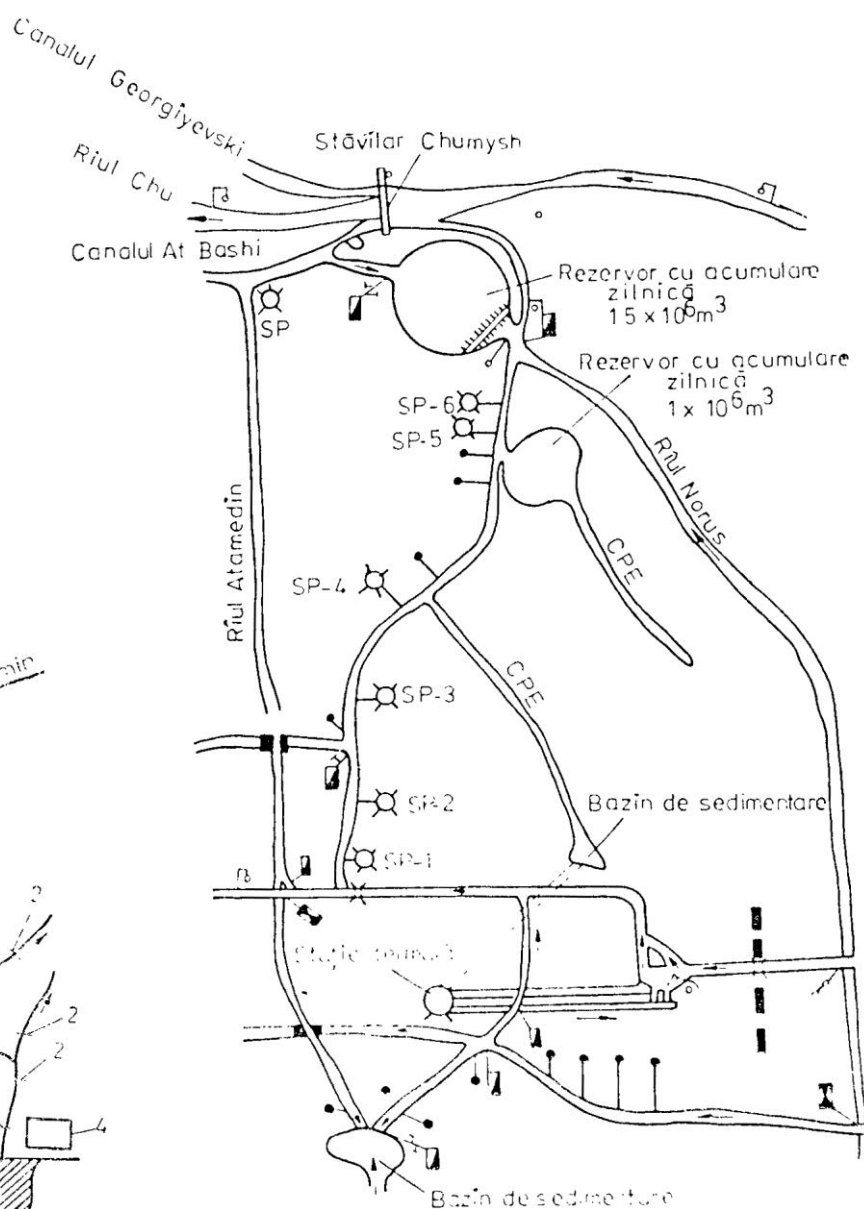


Fig. 3.10. Schema zonei centrale a Complexului de utilizare a apei în bazinul râului Chu.

marele canal Chu de vest, prevăzut cu două prize principale având un debit de  $58 \text{ m}^3/\text{s}$  și o lungime de circa 150 km.

În perioada de ape mari marele canal Chu de est este alimentat la capacitatea maximă, iar cea ce rămâne este descărcat în râul Chu și trecut prin canalul său către construcțiile de distribuție Chumysh.

În afară de asigurarea apei pentru irigații (circa 90.000 ha), marele canal Chu de vest alimentează printr-un canal de descărcare cascada de stații hidroelectrice din zona centrală a complexului de utilizare a apei și alte subsisteme tehnologice din valea râului Chu (fig. 3.10). Datorită naturii stohastice a scurgerii unor râuri neregulate, sursa principală externă ce perturbă exploatarea canalelor principale și intergospodărești, apare o distribuție neuniformă a apei către beneficiari și pierderi considerabile.

### 3° Principii și scheme de proiectare a sistemelor de comandă automată în complexul de utilizare a apei

Întrucât exploatarea întregului complex de utilizare a apei este influențată de numeroase perturbații externe și interne (inegala utilizare a apei de către consumatori în timpul perioadei planificate, probleme legate de redistribuirea apei către beneficiari etc.), a apărut necesitatea conceperii și introducerii unor sisteme de comandă automată care să asigure un control riguros al gestiunii resurselor de apă și o exploatare rațională. În acest mod sistemul de comandă automată a fost divizat în subsisteme tipice funcționale, ce asigură un control riguros la toate nivelurile de exploatare (definind astfel „structura funcțională a subsistemelor tehnologice a sistemelor de comandă automată pentru procese tehnologice în zona centrală a Complexului de utilizare a apei” – fig. 3.11), subsisteme care în principal se referă la: planificarea captării și distribuției optime a apei între gospodării, evacuarea apei din sistemele de irigații, reglarea compensativă a debitului etc.

Se prezintă în continuare schema unui sistem de irigații echipat cu mijloace de control automat și schema funcțională privind controlul și verificarea centralizată pe canalul Tush (figura 3.12 și tabelul 3.1).

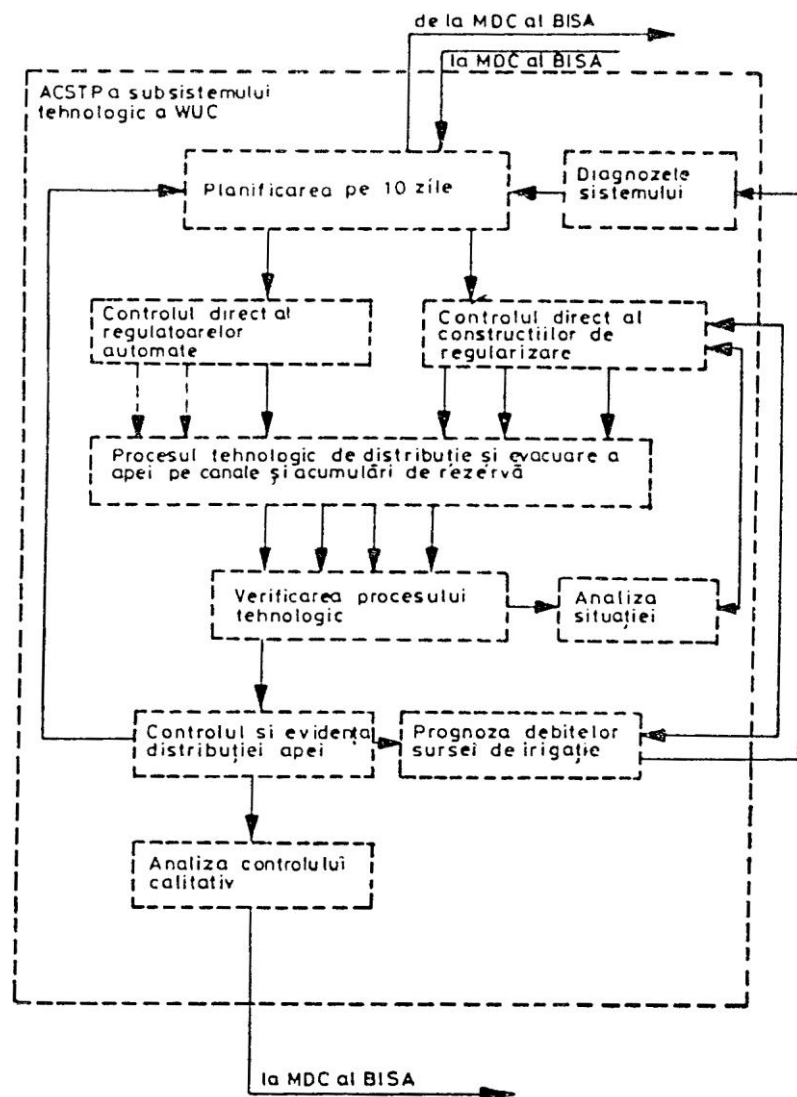


Fig. 3.11. Structura funcțională a subsistemului tehnologic a ACSTP din zona centrală a WUC.

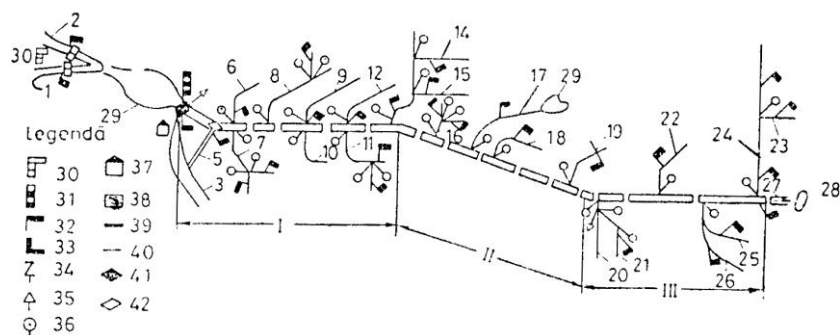
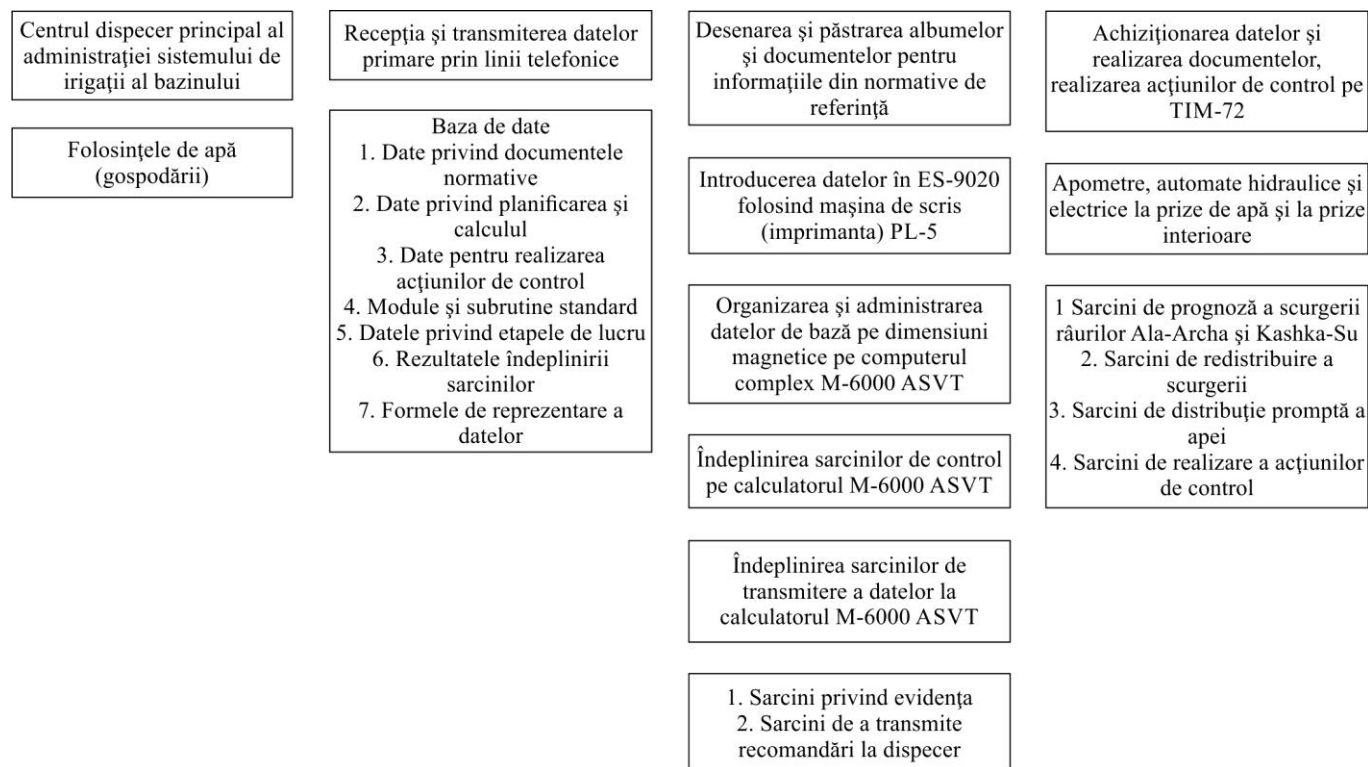


Fig. 3.12. Schema sistemului de irigație alimentat din canalul Tush: I-III – tronsoane ale canalului principal Tush; 1-2 – surse de irigație (râuri); 3 – râu; 5 – descărcător; 6-27 – canale secundare; 28-29 – acumulări cu regularizare zilnică; 30 – stație hidrometeo; 31 – apometru; 32 – post hidrometric; 33 – stăvilor de distribuție; 34 – cădere; 35 – deversor preaplin; 36 – evacuare existentă; 37 – centru de control; 38 – canal principal; 39 – canal intergospodăresc; 40 – canal de alimentare a unei gospodării; 41 – prize existente; 42 – bazin de decantare.

**Tabelul 3.1.** Schema funcțională a controlului și verificării centralizate pe canalul Tush.  
Centrul dispecer al sistemului de irigații canal Tush



### 3.3. ASPECTE LEGATE DE AUTOMATIZAREA REȚELELOR DE ADUCȚIUNE ȘI DISTRIBUȚIE A APEI

#### 3.3.1. PRINCIPII ȘI TEHNICI DE AUTOMATIZARE A REȚELEI DE ADUCȚIUNE – DISTRIBUȚIE

Conducerea automată a sistemelor hidrotehnice trebuie realizată după modul de livrare a apei care se completează cu condițiile tehnice concrete ca: tipul și cerințele folosințelor, modul de aducțiune și distribuție etc. Fără de aceste cerințe diferă concepția de automatizare și echipamentul aferent.

##### 3.3.1.1. Modul de livrare a apei și reglajul aferent

Distribuția apei la beneficiari în sistemele hidrotehnice cu folosință complexă se poate realiza după următoarele moduri.

##### 1° Livrare la cerere

Când orice consumator poate preleva în orice moment apa necesară la parametrii ceruți (debit, presiune, eventual calitate). Acest tip de distribuție este posibil numai în limita capacității de transport și în-

magazinare a sistemului. Cererile peste capacitatea sistemului dereglează întregul proces de distribuție, nu numai la consumatorii suplimentari, afectând parțial sau total sistemul. Mărimile de bază pentru dimensionarea unui sistem cu livrare la cerere se obțin prin metode probabilistice și prin teoria așteptării. Prin automatizare se reglează debitul și presiunea în rețeaua de conducte sub presiune, iar pe canalele deschise nivelul, astfel încât „cota de comandă” a oricărui consumator să fie sub linia minimă a luciului apei. De obicei, la o asemenea distribuție, debitul maxim al consumatorilor este plafonat cu ajutorul echipamentului de limitare a debitului care previne anumite fraude sau abuzuri. Limitarea debitelor este impusă de condițiile de dimensionare a sistemului hidrotehnic.

Pentru sisteme hidrotehnice gravitaționale, cu noduri echipate pentru producere de energie electrică, trebuie avut în vedere fracționarea judicioasă a debitului pe turbine, astfel încât utilizarea apei să se facă cu randament energetic maxim. Totodată trebuie asigurat debușeu pentru energia produsă.

##### 2° Livrare la cerere cu restricții

Este asemănătoare livrării la cerere, însă în funcționarea sistemului există și restricții. Restricțiile de obicei intervin datorită intervenției sistemului hidrotehnic de către alte ramuri ale economiei naționale și în unele cazuri influențează hotărâtor atât funcțio-

narea, cât și elementele componente ale sistemului. La sisteme hidrotehnice gravitaționale, cu producere de energie, este justificată uzinarea debitelor maxime în orele de vârf ale consumului, care la rândul lor conduc la existența posibilității de acumulare, atât în bieful amonte cât și aval. Eventualii consumatori cu pompă (chiar la scheme gravitaționale) încetează prelevările la vârfurile de sarcină, care condiționează atât gabaritul elementelor sistemului, cât și automatizarea.

### 3° Livrare după program

Fiecare consumator beneficiază de volumele (cotele) de apă alocate pe intervale de timp impuse. Această metodă este caracteristică surselor limitate de apă, când fiecărui beneficiar i se distribuie volumul programat în funcție de priorități și disponibilități. Acest program se aplică în cazurile când sursa nu acoperă cererea, când necesitățile economice impun, exemplu: producerea de energie în orele de vârf sau când posibilitatea de transport a rețelei este limitată. Amenajările hidrotehnice în schemă gravitațională, cu folosințe multiple, sunt mai stabile din punct de vedere energetic decât schemele cu ridicare mecanică, ele având independență energetică, deci eventualele schimbări ulterioare privind modul de distribuție sunt mult mai puțin probabile.

În privința modului de livrare a apei, sistemele hidrotehnice trebuie concepute în schema gravitațională, cu consumuri energetice cât mai mici, livrare la cerere și automatizate. Chiar la distribuție după program – în cazul resurselor de apă limitate – nu trebuie pierdut din vedere că automatizarea este singurul mijloc eficient care permite reglările corespunzătoare, instaurează un control riguros în funcționarea ansamblului și permit obținerea randamentelor globale maxime.

În principiu, pentru distribuție la cerere se adoptă reglajul „cu comandă din aval” sau „mixtă”, iar la distribuție după program reglajul „cu comandă din amonte”.

#### 3.3.1.2. Exemple de scheme hidrotehnice automatizate

Reliefarea importanței automatizării hidrotehnice reiese și din exemplele ce se prezintă în continuare, rezultând totodată și secțiunile pentru echipamente.

#### 1° Principiul automatizării amenajării fluviului Rhône Inferior\*

În domeniul automatizării marilor sisteme hidrotehnice un loc de avangardă ocupă realizările spe-

cialiștilor francezi la programul de automatizare a amenajărilor complexe de pe fluviul Rhône, aval de Lyon, pe o lungime de 127 km. Acest complex hidrotehnic (fig. 3.13) folosește automatizarea din a doua generație, bazată pe sistemul conducerii mixte-locale și centralizate – cu ajutorul unui calculator ce funcționează pe baza simulărilor numerice a comportării întregului sistem hidrotehnic.

Multitudinea factorilor (chiar contradictorii) impuși de diversitatea folosințelor a condus la automatizarea complexă a funcționării nodurilor hidrotehnice importante. Centrul de calcul este creierul indispensabil, centrul vital al întregii amenajări și îndeplinește trei funcții:

- primește informații globale asupra stării întregului sistem și asupra condițiilor de exploatare;
- stabilește debitele ce vor fi evacuate prin sistem, ținând seama de comenzile primite de la diverse folosințe, de perturbațiile înregistrate, de starea retențiilor și organelor de execuție;

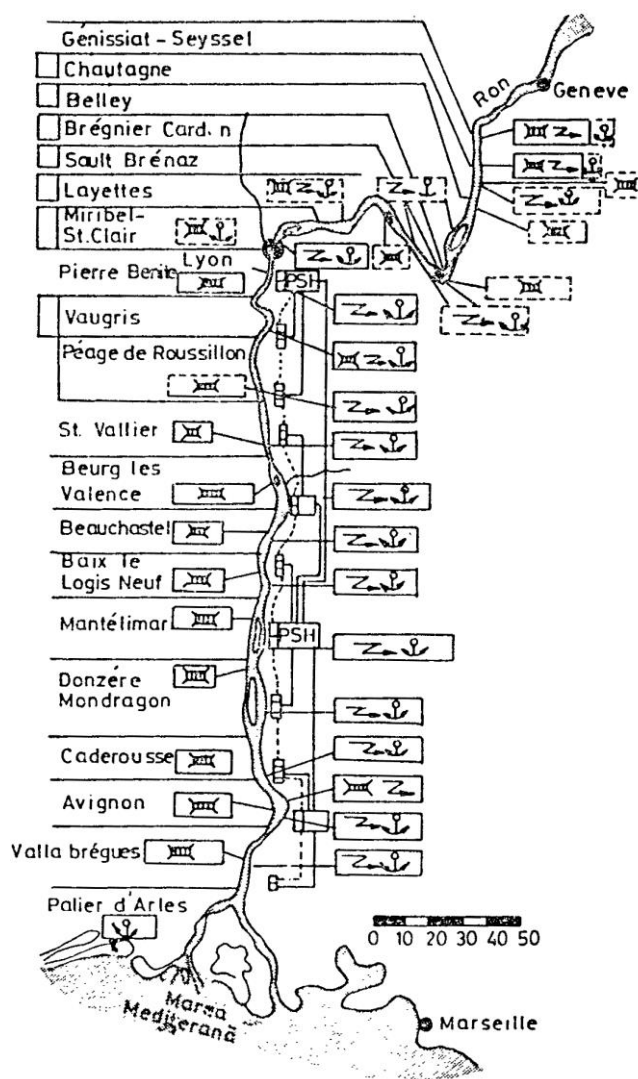


Fig. 3.13. Schema de amenajare a fluviului Rhone (cu automatizare).

\* Poate servi ca exemplu pentru râul Siret (între Roman și Bărboși – Dunăre), în condiții de amenajare complexă – navigație, hidroenergie, irigații.

- elaborează comenzile pentru organele de execuție.

Întreg ansamblu de lucrări hidrotehnice automatizate răspunde la folosințe multiple, ca:

- producere de energie electrică la cerere;
- asigurarea unei căi navigabile de 310 km;
- alimentarea cu apă a irigațiilor, a centrelor populate și industriei;
- crearea unei zone de agrement și turism.

Tehnica de automatizare acceptată răspunde folosințelor multiple, este subordonată principiilor de livrare a apei și folosește mijloace de automatizare adecvate scopului urmărit.

## 2° Principiul automatizării din sistemul de irigații Canal Provence

Sistemul canal Provence face parte din Amenajarea hidrolică-agrară Durance – Verdon, amenajare complexă ce folosește resursele de apă ale râurilor Durance și Verdon.

Sistemul canal Provence se alimentează din canalul mixt al Departamentului Electric Francez și Sistem Provence, ce primește apele din acumularea Gréoux-les-Bains (v. fig. 2.24). La Boute acest canal mixt se ramifică în canalul energetic și Canal Provence, care deservește cu apă localități, industriei și agricultură. La Rians canalul se bifurcă în ramificația Bimont și Canal Provence II, care la rândul lui, la Pourcieux se ramifică spre Marsilia și departamentul Var. Debitul total de 40 m<sup>3</sup>/s alimentează cu apă centre populate, industrie și 53 mii hectare suprafețe irigate.

Întreg Sistemul Canal Provence este automatizat cu comandă hibrid „aval” și „amonte”, în funcție de principiul de livrare a apei. Automatizarea folosită este de tip local, cu supraveghere prin telemăsură și control, iar nodurile cheie ale sistemului sunt prevăzute cu echipament de automatizare cu comandă centralizată care, în caz de dereglare a automatizării locale, intervin în distribuția apei. Nodurile de distribuție (Boutre, Rians, Pourcieux, Signes etc.), prizele principale, nodurile de racordare de tip local sunt echipate cu vane AVIO, AVIS, partitoare etc. La aceste noduri principale se efectuează măsurătorile telemetrice ale parametrilor curgerii, care se teletransmit la centrul de telecontrol Tholonet (fig. 3.14). Datele prelucrate se transmit centrelor de comandă teritoriale Rians, Pourcieux, Signes etc., care, la rândul lor, au în subordine comanda și controlul nodurilor hidrotehnice aferente (Ex. Centrul teritorial de la Rians controlează și comandă priza Boutre, ramificația Bimont, nodul Rians și parțial Canalul Provence II).

După cum s-a mai menționat, echipamentul de automatizare locală este secondat de echipament telecomandat care intervine în caz de blocare sau dereglare

a comenzii locale.

Supravegherea funcționării ansamblului este asigurată de un calculator amplasat în centrul de greutate al sistemului (Le Tholonet), care elaborează condițiile optime de funcționare a amenajării. Centrele locale de comandă, pe baza informațiilor de la centrul dispecer și „starea” echipamentelor din subordine, eliberează comenzile pentru acestea, dacă parametrii hidraulici realizați de automatizarea locală nu corespund.

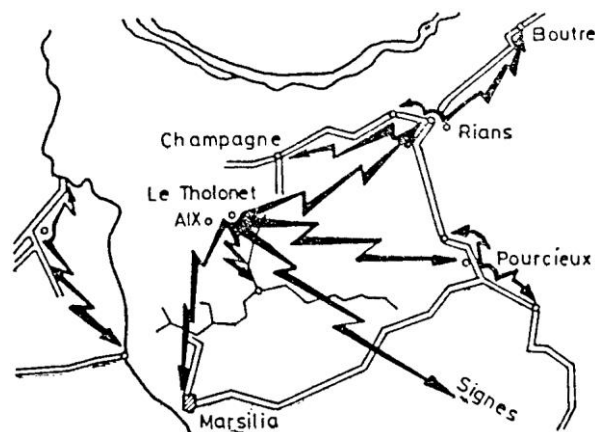


Fig. 3.14. Schema rețelei de teletransmisie a sistemului Canal Provence.

Schema principală de automatizare a Sistemului Canal Provence scoate în evidență particularitățile automatizării unei aducțiuni și distribuții gravitaționale. Sistemul de automatizare locală este secondat de automatizare telecomandată, fiecare în parte putând realiza separat parametrii de reglaj. Reglajul dublu este adoptat pentru fiabilitatea sistemului, telemăsura asigurând evidența precisă. Instalațiile de telemăsură, control și comandă sunt prevăzute și cu echipament de alimentare cu energie electrică proprie, independentă de rețeaua publică, tot în scopul măririi fiabilității.

În afara celor arătate, întreaga amenajare este asigurată cu căi de acces comode, care permit intervenții rapide în caz de avarii.

## 3° Schema de automatizare a rețelei de canale din Sistemul hidrotehnic pentru irigații „Olt – Călmățui” (OC)

Sistemul hidrotehnic de irigații deservește o suprafață de circa 47.000 ha cu un debit total de circa 30 m<sup>3</sup>/s. Aducțiunea și distribuția apei se realizează prin 4 canale de aducțiune (C<sub>1-4</sub>) și 9 canale de distribuție (D<sub>1-9</sub>), având lungimea totală de 124 km și dimensiuni diferite în funcție de debitul transportat.

Pentru automatizare, în acest sistem hidrotehnic s-a adoptat o soluție modernă, constând din automatizarea mixtă, locală și centralizată, cu centru dispecer și calculator electronic de proces funcționând în relația „on line” (fig. 3.15).

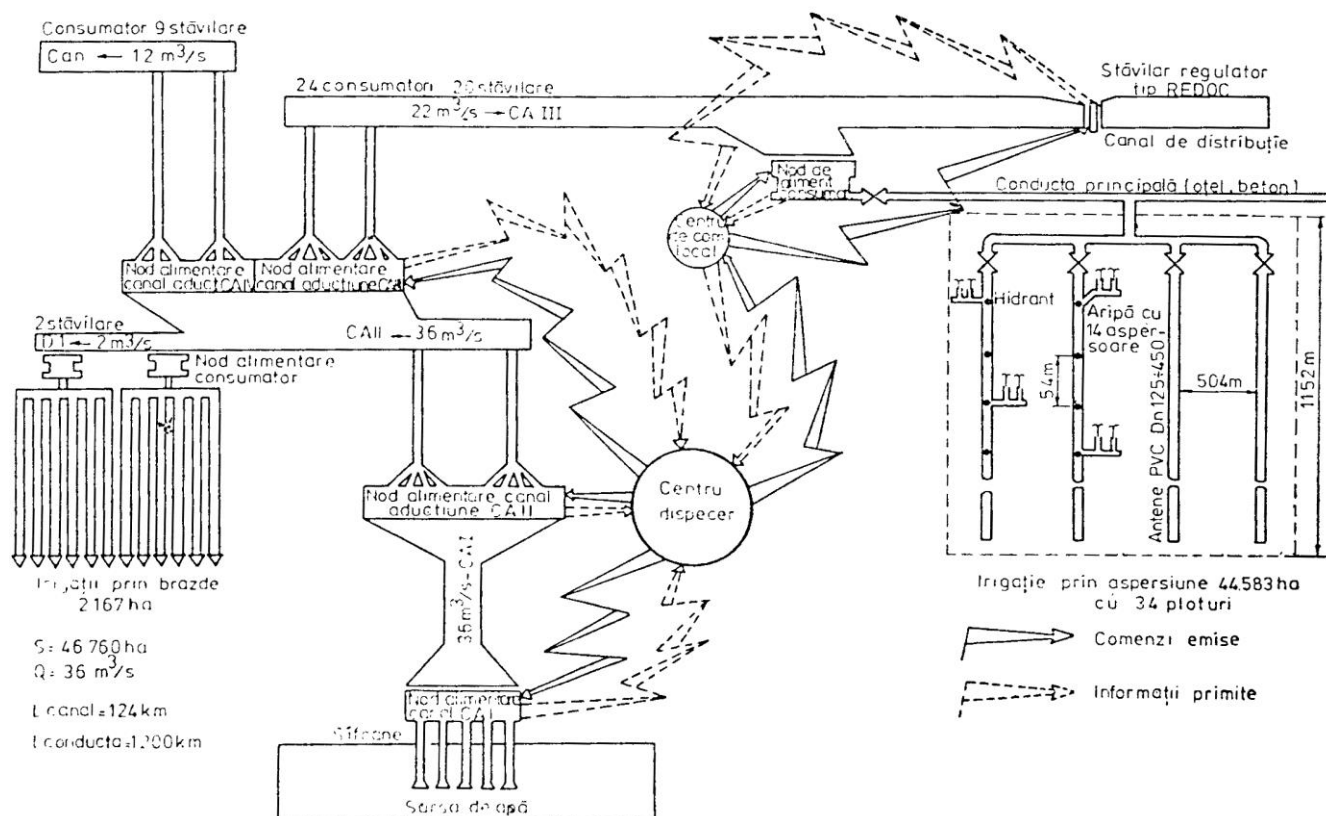


Fig. 3.15. Schema de principiu a automatizării sistemului hidrotehnic pentru irigații Olt-Călmățui.

### 1. Automatizarea livrării la consumatori

Consumatorii (cu rețele de conducte în exclusivitate) primesc apa la cerere, automat, din rețeaua de canale la parametri (debit, presiune) prescriși. Priza fiecărui consumator este prevăzută cu automatizare, locală ce funcționează pe baza informațiilor de debit și presiune din rețeaua de conducte și de nivel din canale. Echipamentul de automatizare locală, pe lângă reglarea presiunii și debitului din rețeaua de conducte, are și rolul de oprire a livrării la nivel maxim prescris din canal sau avariei la consumator (indicat prin scădere nepermisă de presiune în conducte). Totodată, echipamentul de măsurare permite afișarea locală (la priza consumatorilor) a volumelor livrate, debitul, presiunea din rețeaua de conducte, nivelul din canal la priză și starea de alarmă.

Echipamentul de măsurare este legat de un sistem de telemetrie ce informează centrul de comandă în mod periodic sau la cerere privind elementele măsurate, iar sistemul de telecontrol avertizează asupra stării de alarmă.

Tabloul de comandă a prizei consumatorilor cuprinde echipamentul de comandă, control și afișare locală, cât și echipamentul de telemăsură și control.

### 2. Automatizarea rețelei de canale

Rețeaua de canale este împărțită în biefuri de reguloare, automatizarea lor fiind bazată pe relația de

reglaj OC, REDOC, cu diapazonul de variație a nivelurilor de trei benzi (cel superior și inferior cu reglaj pe bază de nivel, iar cel intermediar cu reglaj în funcție de debit). Canalele de aducțiune, în capătul lor amonte, sunt alimentate discret prin trepte egale de debit, iar cele de distribuție continuu.

Pe baza datelor telemetrice de la consumatori, calculatorul de proces de la centrul dispecer stabilește debitele livrate în aval de fiecare stăvilă regulator și transmite rezultatele calculatorului analogic, instalat la priza celui mai apropiat consumator de stăvilă. Calculatorul analogic determină deschiderea necesară a stăvilei la intervale de timp prescrise și pe baza comparației acestora cu deschiderea reală stabilește și transmite comanda de manevrare corespunzătoare a stăvilei.

Acționarea stăvilor se realizează după următoarele trei priorități;

- prioritate 1 – stavila se închide continuu și complet dacă nivelul apei în bieful aval depășește valoarea maximă;

- prioritatea 2 – stavila este manevrată pe intervale de timp mici  $\delta$ , cu pauze  $\Delta t$  (care este superior sau egal cu timpul necesar undei de debit pentru a parcurge dus-întors bieful aval de stavilă), dacă nivelul apei se află în banda de reglare a nivelurilor;

- prioritate 3 – stavila este acționată corespunzător debitului necesar determinat de calculatorul de

proces din centrul dispecer, dacă nivelul apei se află în banda de reglaj a debitelor.

Deoarece nu este posibilă o echilibrare perfectă a debitelor cerute și realizate de stăvilă, după un timp există tendința ca nivelul real de pe bief să intre de pe banda de reglare a debitelor pe banda de reglare a nivelurilor. Existența benzii de reglaj a nivelurilor este de fapt un supreglaj care reduce nivelul în banda de reglare a debitului.

În memoria calculatorului de la centrul dispecer sunt reținute relațiile dintre debit, deschiderea stavilei, nivelurile amonte și aval de stavilă și coeficientul de debit. Operatorul de la calculatorul central are posibilitatea de corectare a programelor și valorilor, pe baza experienței din timpul procesului de exploatare.

La fiecare stavilă, periodic sau la cerere, se măsoară și se transmite la calculatorul central și cel analogic poziția stavilei, precum și nivelurile amonte, respectiv aval de stăvilă. Totodată se controlează de către centrul dispecer nivelurile extreme ale apei în amonte și aval de stăvilă, ca și poziția extremă (deschis sau închis) a stăvilărilor. În aceste situații extreme se emit semnale de alarmă local și la centrul dispecer.

În caz de forță majoră stăvilărele pot fi comandate manual atât de la centrul dispecer cât și local.

### 3. Automatizarea alimentării canalelor

După cum s-a arătat, în sistemul hidrotehnic pentru irigații Olt – Călmățui există canale de două ordine de mărime: de aducțiune și distribuție.

Canalele de aducțiune sunt alimentate în mod continuu, în capătul lor amonte nivelul fiind menținut cvasiconstant, nodul de alimentare a lor poate fi derivație simplă, dacă este aproape în aval de stăvilă regulatoare de pe canalul de aducțiune, sau cu stăvilă reglator, dacă distanța de la derivație până la reglatorul amonte de pe bieful canalului de aducțiune este mare.

Canalele de distribuție sunt alimentate discret, prin trepte egale de debit în funcție de necesități, automatizarea lor făcându-se pe bază de nivel și debit. Debitele consumate în aval sunt calculate la centrul dispecer, apoi transmise centrului local de comandă care decide numărul treptelor de debit de alimentare în funcție de solicitare. Când nivelul apei de pe biefurile din capătul amonte al canalelor de aducțiune ajunge în banda de reglaj a nivelurilor, intră în funcțiune, sau, după caz, se oprește o treaptă de alimentare în mod temporizat, până ce nivelul revine pe banda de reglaj a debitelor.

Parametrii hidraulici de la nodurile de alimentare a canalelor de aducțiune sunt măsurați, teletransmiși și afișați, atât local cât și la centrul dispecer. La depășirea anumitor mărimi de control se emit semnale de avarie, atât local cât și de la centrul dispecer. În cazul

avariei sistemului de comandă, control și măsurare automat, se poate trece la comandă manuală, atât local cât și de la centrul dispecer.

La acest sistem hidrotehnic pentru irigații, inclusiv pregătirea pentru iernat este parțial automatizată și supravegheată de la centrul dispecer. La punerea în funcțiune (primăvara), în prealabil, canalele se umplu cu apă folosind comanda manuală, apoi se trece la comanda automată.

### 4. Centrul dispecer și rețeaua exterioară de telemetrie

O rețea de telemetrie exterioară digitală, cu divizare a timpului, asigură colectarea și transmiterea datelor la centrul dispecer.

La fiecare consumator și nod de alimentare de aducțiune este amplasată câte o stație exterioară de telemetrie, la care se colectează toate semnalele de măsură și se conectează circuitele de control. Stațiile exterioare de telemetrie sunt conectate la centrul dispecer prin cabluri de telemetrie. Pe baza unor adrese codificate centrul dispecer interoghează, periodic sau la cerere, fiecare stație exterioară și primește de la acestea informațiile cerute sub forma unor semnale digitale. Semnalele analogice culese de stațiile exterioare sunt convertite de acestea în semnalele digitale, fiind prevăzute cu convertitoare de semnal în ambele sensuri.

Centrul de comandă înregistrează și afișează informațiile culese în formă digitală. Un calculator de proces din centrul dispecer controlează rețeaua exterioară de telemetrie, păstrează memorate informațiile de control, efectuează calcule, emite semnale de control și de alarmă și înregistrează informațiile primite.

Centrul dispecer este dotat cu un pupitru de comandă (având și înregistrator pe bandă), un tablou sinoptic al sistemului hidrotehnic și un panou de afișare. De la pupitru, operatorul supraveghează funcționarea întregului sistem, eventual comandă manual. Înregistratorul tipărește debitele și volumele (consumate și de alimentare), momentul, locul, natura avariilor și momentul remedierii acestora.

Condițiile de alarmă se prezintă prin semnale optice intermitente (pe tabloul sinoptic) și acustice.

La interceptarea stării de alarmă semnalul optic devine continuu, iar cel acustic încetează.

Pe tabloul sinoptic, prin lumini colorate, se prezintă starea de funcționare sau avarie a obiectivelor din sistem.

Pentru consumatori se indică:

- priza consumatorului, pregătită pentru funcționare, dar nu este cerere pe rețea;
- priza funcționează normal;
- starea de avarie (lumină intermitentă sau continuă).



Pentru funcționarea stăvilarelor se prezintă:

- stăvilă deschis;
- stăvilă închis;
- stăvilă funcționează normal;
- stare de avarie.

Pentru alimentarea canalelor de aducțiune cu debite fracționate se prezintă:

- nodul de alimentare este pregătit de lucru, dar nu funcționează;
- nodul de alimentare funcționează normal;
- stare de avarie.

Panoul de afișare, compus din trei segmente, afișează mărimile informațiilor culese și calculate astfel:

Segmentul I:

- codul consumatorului;
- debitul;
- presiunea din rețeaua de conducte;
- nivelul apei în canal la priza consumatorului.

Segmentul II:

- codul stăvilăului;
- nivel amonte;
- nivel aval;
- deschidere stăvilă.

Segmentul III:

- codul nodului de alimentare;
- nivelul amonte și aval la nodul de alimentare.

### 3.3.2. SECȚIUNI CARACTERISTICE DINTR-UN SISTEM HIDROTEHNIC DE IRIGAȚII CU ECHIPAMENT DE AUTOMATIZARE

Automatizarea unui sistem hidrotehnic de tip gravitațional se bazează pe două categorii de probleme și anume:

- alegerea schemei de automatizare și dispozitivele și aparatura aferentă;
- funcționalul sistemului hidrotehnic, automatizat în soluție adoptată.

Alegerea schemei de automatizare depinde de un mare număr de factori tehnici și economici ca: natura obiectivelor automatizate, posibilitățile oferite de industrie, costul, performanțele realizate, cheltuieli de întreținere și exploatare etc.

Soluția de automatizare trebuie să fie subordonată cerințelor care se pun față de sistemul hidrotehnic, definitivarea ei făcându-se pe baza analizei comparative a mai multor scheme de soluții de automatizare.

Loc important în stabilirea schemelor de automatizare ocupă definirea secțiunilor de control și reglaj. Aceste secțiuni sunt nodurile cheie ale sistemului hidrotehnic gravitațional. Cum reiese și din exemplele prezentate, puncte obligatorii de automatizare într-un sistem hidrotehnic sunt:

#### 1° Nodurile de priză ale consumatorilor

Sunt echipate, în funcție de principiul de livrare, cu elementele de automatizare adecvate. La distribuție „la cerere” se măsoară volumul, debitul, nivelul (sau presiunea), eventual parametrii de calitate ai apei, se reglează nivelul (sau presiunea) și se limitează debitul; totodată se controlează starea echipamentelor de distribuție (funcționare normală sau avarie). În cazul distribuției „la program”, nodul de priză al consumatorilor lucrează la parametrii preprogramați privind volumele și debitele, parametrul de reglaj permanent fiind nivelul (sau presiunea). Se măsoară și controlează și în acest caz elementele similare distribuției la cerere. Echipamentele de automatizare depinde de complexitatea parametrilor de reglaj, de tipul de comandă și gradul de automatizare.

#### 2° Nodurile de alimentare a canalelor de aducțiune și distribuție

Acestea, în funcție de parametrii și tipul de reglaj, tipul de comandă, gradul de automatizare, felul alimentării – diferă de la caz la caz. Nodurile hidrotehnice din partea frontală a canalelor de aducțiune prezintă puncte nevralgice ale sistemului, parametrii de reglaj din aceste secțiuni având importanță majoră în procesul de exploatare.

În aceste noduri, în general, se cere automatizarea nivelurilor, eventual a debitelor. Pentru distribuție la cerere este suficient reglajul nivelurilor, măsurarea debitului și nivelului. Totodată trebuie să existe control permanent asupra mijloacelor de reglare și automatizare. În aceste noduri, după cum se observă din exemplul Canal Provençe, reglajul local al nivelurilor este dublat de reglaj prin comandă centralizată, deci se recomandă, pentru mărirea fiabilității, comandă dublă al aceluiași parametru.

#### 3° Nodurile pe traseul canalelor biefază acestora prin reglatoare de nivel sau debit

În cazul comenzii centralizate, este preferabil a se regla debitele cu suprareglaj de nivel. La comandă locală, nodurile de pe traseu, în afara mijloacelor de automatizare, este necesar să fie prevăzute cu mijloace de protecție (deversoare, sifoane) și cel puțin o deschidere pentru reglaj manual (stăvile comandate manual, local sau la distanță).

#### 4° Nodurile de racordare a apeductelor, sifoanelor, galeriilor forțate cu canalul deschis

Aducțiunile străbătând forme diverse de relief, pe traseul lor se întâlnesc lucrări în care mișcarea are loc sub presiune. Racordarea capătului lor aval, cu canalul deschis, trebuie realizat printr-un nod hidrotehnic

automatizat. Nodul are în componență obligatoriu o cameră de echilibru care previne mișcările rapid variate pe elementul închis, iar la ieșirea în canal parametrii hidraulici trebuie reglați. Elementele de automatizare depind de tipul de reglaj, principiul de distribuție etc. Elementul de execuție nu se va pune pe tronsonul sub presiune, fiindcă introduce mișcare rapid variată, iar traductoarele sunt recomandabile să fie prevăzute cu filtre (element integrator).

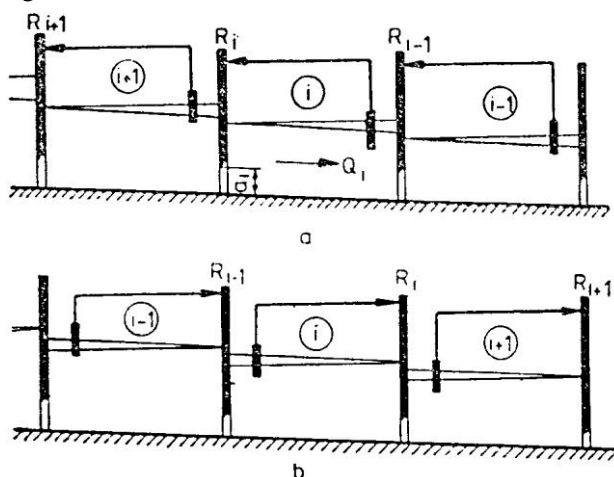
### 5° Noduri speciale

Anumite secțiuni ale rețelei hidrotehnice – evacuare, tratarea apei, centrale electrice, restituții etc. – pot interveni în funcționarea ansamblului cu parametrii hotărâtori sau cu restricții, caz în care modul respectiv (în funcție de caracteristici) se echipează cu elemente de automatizare locală, centralizată sau mixtă.

### 3.3.3. TIPURI ȘI RELAȚII DE REGLAJ AUTOMAT PE REȚELE HIDROTEHNICE GRAVITAȚIONALE

Tipurile și relațiile de reglaj automat al rețelei deschise din sistemele hidrotehnice gravitaționale se subordonează modului de livrare a apei și funcționalității ansamblului.

Livrarea apei la cerere se asigură în limita capacității de transport a rețelei. Canalele se împart în biefuluri prin stăvilare automatizate care asigură permanent debitele, la niveluri cel puțin egale cu cotele de comandă ale consumatorilor sau beneficiarilor de tranzit (fig. 3.16, a).



**Fig. 3.16.** Biefarea canalului pentru automatizare:  
a – comandă din aval; b – comandă din amonte.

Livrarea unui program se realizează în limita volumelor planificate, elementele de automatizare la fiecare consumator reglându-se (local sau centralizat) după programul cotelor de volum (sau debit) și perioadele de timp impuse, indiferent de debitul și nivelul

tranzitat pe rețeaua principală (fig. 3.16, b).

În ambele cazuri elementele de automatizare realizează comanda local sau pe centru dispecer.

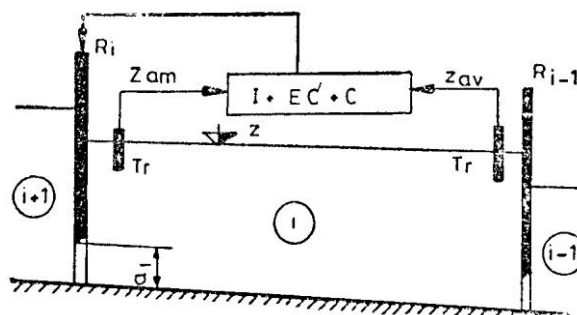
La distribuție „la cerere” de obicei se folosește comanda „din aval”, iar la distribuție după „program”, comanda „din amonte”.

În practica de automatizare se folosesc obișnuit mai multe tipuri de reglaje pe bază de nivel, debit sau mixte, informația pentru reglare fiind culeasă de pe bieful aval, amonte sau de pe ambele, tot acești parametri fiind supuși reglărilor în diverse variante de pe bieful aval, amonte sau ambele.

#### 3.3.3.1. Reglajul parametrilor hidraulici din bieful aval de stăvilar

Reglarea parametrilor hidraulici din bieful aval, aferent stăvilărilor, se poate realiza pe bază de reglaj al nivelurilor, reglaj a debitelor sau mixt (pe bază de nivel și debit). Acest tip de reglare mai poartă și denumirea de reglaj „bival aval”. Fiecărui tip de reglare din această categorie îi corespund anumite echipamente de automatizare.

1. *Reglaj pe bază de niveluri* – se realizează cu ajutorul a doi traductori (sau numai unul). Schema de principiu al acestui tip de reglaj (3.17), pentru un bief intermediar, are în componență: stăvilărul, traductoarele și instalația de automatizare.



**Fig. 3.17.** Schema reglajului pe bază de niveluri de pe bieful aval.

Schemele bloc pentru diferite situații (fig. 3.18) prezintă principal conexiunile elementelor de automatizare.

Mărimea de ieșire (de reacție) este măsurată de traductor (Tr), și simplu sau mediată de însumatorul ponderat (I), intră ca element de comandă în elementul de comparație (EC), care o compară cu mărimea prescrisă  $Z_0$ , rezultând elementul  $\Delta z$ . În funcție de relația de reglaj adoptată în automatizare, calculatorul (C) convertește  $\Delta z$  în element de comandă (deschiderea stăvilărilor)  $\Delta a$ , pe care-l îndeplinește elementul de execuție (EE), din instalația tehnologică (IT), rezultând noul parametru de ieșire  $Z(q)$ . Calculatorul (C) funcționează după tipul de reglaj programat (fig. 3.19).

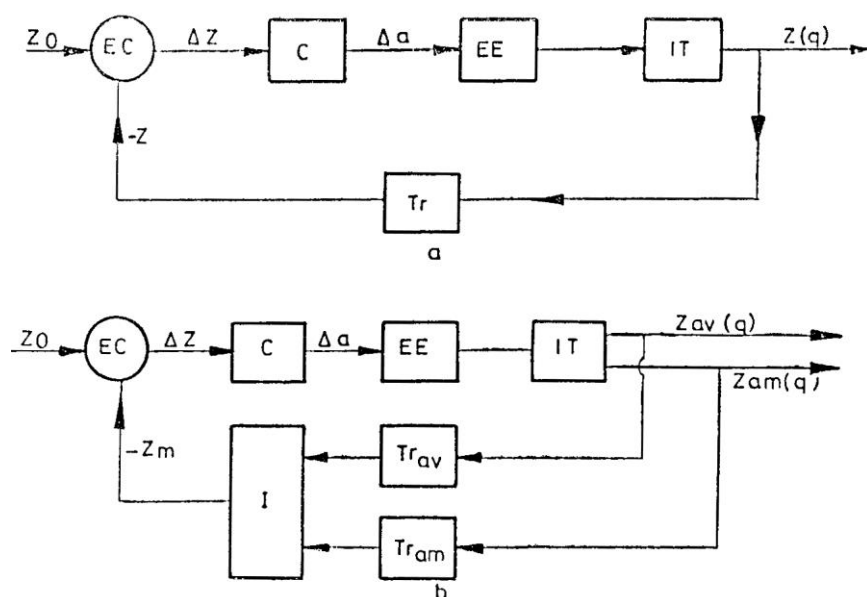


Fig. 3.18. Schema bloc a reglajului de pe biefului: a – cu un traductor ( $K = 0$  sau  $K = 1$ ); b – cu doi traductori ( $0 < K < 1$ ).

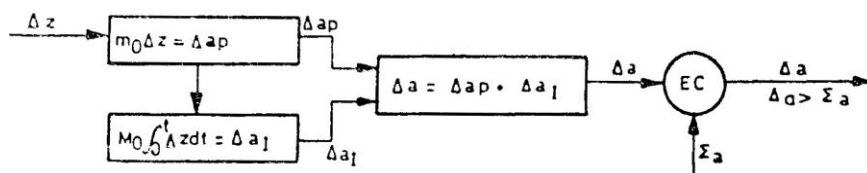


Fig. 3.19. Schema bloc de funcționare a elementului de decizie.

Reglajul pe bază de nivel din bieful aval se poate realiza după următoarele relații:

$$Z_{am_i} = \text{const.} \quad (6)$$

care este caracteristic reglajului cu un singur traductor, amplasat în capătul amonte al biefului, imediat aval de stăvilă;

$$\Delta a_i = m_{0i} [k \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_i \pm \varepsilon_d \quad (7)$$

este caracteristic reglajului cu „încrucișarea liniilor de nivel” (fig. 3.20).

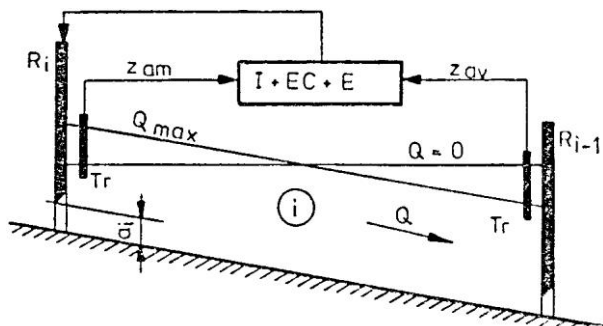


Fig. 3.20. Schema de reglare cu încrucișarea liniilor de nivel.

Coeficientul de pondere  $k$  deplasează punctul de intersecție a nivelurilor pe întreg bieful când ia valori aparținând domeniului  $[0; 1]$ . Pentru  $k = 0,5$ , intersecția nivelurilor are loc la mijlocul biefului și se întâlnește și

sub denumirea de „reglaj al nivelului mediu”. Pentru  $k = 1$  se obține reglajul (6), iar pentru  $k = 0$  se menține nivelul constant în avalul biefului de către regulatorul din amonte, folosindu-se un singur traductor (în aval). Reglajul de tipul (6) este necondiționat stabil, iar pentru reglajul (7) este obligatorie determinarea domeniului de stabilitate.

Pentru  $k = 0$ , cu o comandă simplă se obține instabilitatea mișcării. Din punct de vedere economic (al gabaritelor) reglajul (7), cu  $k = 0$ , este optim, dar sistemul trebuie stabilizat, ceea ce se poate realiza prin introducerea unui filtru (hidraulic sau electric) pe mărimea de ieșire (înainte sau după traductor). Reglajul (6) și (7) pentru  $k = 1$  se poate realiza cu regulate hidraulice de nivel cu flotor de nivel constant (AVIO, AVIS, T, D, Tulcea). Reglajul (7) pentru  $0 < k < 1$  cuprinde un element proporțional și necesită stavile electrice comandate local sau de la distanță de tip Little Man (pentru  $k = 1$ ) sau regulatorul bival.

Reglajul (7), cu  $k = 0$ , stabilizat prin filtru, a fost perfecționat în S.U.A., echipamentul aferent reglajului purtând denumirea de HY-FLOO sau EL-FLOO, în raport cu filtrul hidraulic sau electric folosit.

$$\Delta a_i = m_{0i} [K \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_i + M_{Qi} \int_0^t [K \Delta Z_{am} + (i-k) \Delta Z_{av}]_i dt \pm \varepsilon_a \quad (8)$$

este un reglaj mai complex și de calitate superioară. Acesta conține și un element integral și se poate realiza cu regulator din clasa celor cu element proporțional integral. Un asemenea regulator este EL-FLOO plus RESET, compus din traductor, calculator analogic ce conține filtrul și elementul integral, precum și elementul de comandă și execuție (pentru  $k = 0$ ). Relațiile de reglaj asemănătoare cazului (7) și (8) pe bază de nivel, se pot realiza asupra debitului admis pe bief, astfel:

$$\Delta Q_{am_i} = m_{Qi} [K Z_{am} + (1-K) A_{av}]_i \pm \varepsilon_Q \quad (9)$$

$$\Delta Q_{am_i} = M_{Qi} [\Delta Z_{am} + (1-K) \Delta Z_{av}]_i + M_{Qi} \int_0^t [K \Delta Z_{am} + (1-K) \Delta Z_{av}]_i dt \pm \varepsilon_a \quad (10)$$

Asemenea reglaje realizează echipamentele regulate de debit Butcher automatizate (pentru cazul (9) cu  $k = 1$ ), REDOC (regulatorul de debit, de tip Olt – Călmățui) și Ditzler.

2. *Reglajul pe bază de debite* se realizează în două variante, și anume:

– pentru livrare după program;

$$Q_{ami} = \text{constant sau } Q_{ami} = Q_{ami}(t) \quad (11)$$

Bieful este alimentat cu debit constant sau programat în timp, prin: module cu mască, stăvilare cu oblon, plutitor sau alt tip de regulator cu debit constant programabil.

– pentru livrare la cerere;

$$Q_{ami} = f(q_1, q_2, \dots, q_n)_i \quad (12)$$

Bieful este alimentat în funcție de consumul cerut aval de regulator.

Debitul fiecărui consumator este măsurat și teletransmis la un calculator din centrul dispecer care determină debitul ce trebuie admis în capătul amonte al biefului. Calculatorul analogic, aferent stăvilărilor, din informația de nivel amonte și aval de stăvilă și deschiderea acestuia, determină debitul efectiv tranzitat, care este comparat cu cel necesar și din abatere stabilește noua poziție a stavilei. Acest tip de reglaj se poate aplica numai în cazul sistemelor dispecerizate.

Notățiile din relațiile (6-12) sunt, după cum urmează:

$m_0, m_Q, M_0, M_Q$  – constante negative;

$\Delta Z$  – variația nivelului;

$\varepsilon_a, \varepsilon_Q$  – toleranța deschiderii stavilei și a debitului (reglajul se efectuează dacă  $\Delta a, Q > \varepsilon_a, Q$ );

$\Delta a, Q$  – abaterile deschiderii stavilei, respectiv debitului real față de cel necesar;

$Q_{ami}$  – debitul de alimentare al biefului  $i$ ;

$q_1, \dots, q_n$  – debitele consumatorilor din bief (pentru bieful considerat cel aval îi este consumator).

3. *Reglaje mixte* – se realizează prin corectarea debitelor, având și un superreglaj de niveluri. Reglajul mixt rezultă din reglajul de debit la care datorită erorilor de măsurare apar abateri cumulate în plus (se umplu biefurile) sau în minus (se golesc exagerat biefurile). La anumite valori limită ale nivelului se abandonează reglajul pe bază de debit, trecând la reglaj pe bază de nivel. În general se folosesc două tipuri de reglaje mixte, diferențiate prin relația de reglaj.

$$|Q_{ami} - X \cdot Q_{ci}| < \varepsilon_Q \quad (13)$$

1. Reglajul se efectuează pe baza debitului consumat ponderat  $Q_{ami}$  fiind debitul în capătul amonte al biefului  $i$ ;  $Q_{ci}$  – debitul consumat din bieful  $i$  ( $Q_{ci} = \sum q_i$ );  $X$  – coeficient de pondere.

Pentru bieful  $i$  se consideră consumator și bieful  $(i - 1)$ . Ecartul admis de variație a nivelului este împărțit în trei benzi (fig. 3.21): banda de golire, cu  $X < 1$ ; banda de control, cu  $X = 1$  și banda de umplere, cu  $X > 1$ . În figura 3.21  $Z_{\max \max}$  și  $Z_{\min \min}$  reprezintă nivelul maxim maximorum, respectiv minim minimorum din bief, ale căror valori dacă se depășesc spre exterior stăvilărilor

se închide, respectiv se deschide total cu prioritate.

$Z_{\max}$  și  $Z_{\min}$  sunt nivelurile maxime și minime tolerabile, iar  $Z$  nivelul normal. Cota  $Z$  a luciului apei se determină ca medie ponderată a trei măsurători (amonte, aval și la mijlocul biefului). Toleranța debitului de reglare se consideră  $\varepsilon_Q \in (0; 0,25Q_{\max i})$ .

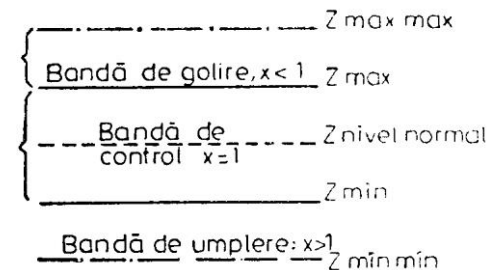


Fig. 3.21. Reglajul mixt după debit consumat ponderat.

2. Reglajul împarte ecartul de variație admis al nivelului în trei domenii: banda superioară și inferioară cu reglaj pe bază de niveluri, iar banda mediană de reglaj pe bază de debite (fig. 3.22).

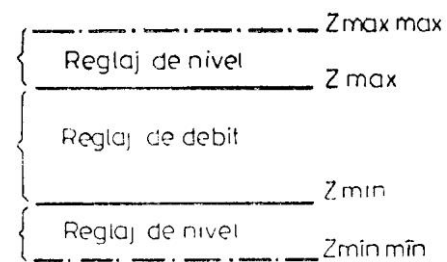


Fig. 3.22. Reglaj mixt pe bază de nivel și debit.

Relațiile de reglaj sunt:

– pentru  $Z > Z_{\max \max}$  se închide prioritar complet stăvilărilor;

– pentru  $Z < Z_{\min \min}$  se oprește prioritar consumul din canale;

– pentru  $Z \in (Z_{\max \max}, Z_{\max})$  se comandă închiderea stavilei pe o durată  $\delta t$ , după cum urmează o pauză cu durata  $\Delta t$ .  $\delta t$  se impune în funcție de viteza de închidere a stavilei, iar  $\Delta t$  se ia superior timpului necesar undelor de debit pentru parcurgerea biefului, dus-întors.

– pentru  $Z \in (Z_{\min}, Z_{\min \min})$  se procedează ca în cazul precedent, comandând deschiderea stăvilărilor;

– pentru  $Z \in (Z_{\min}, Z_{\max})$  se determină debitul consumat aval de stăvilărilor reglat de către centrul dispecer, care se comunică calculatorului analogic aferent stăvilărilor. Acesta determină deschiderea necesară a stăvilărilor în funcție de informația de debit primită, diferența de cotă existentă la stăvilă (măsurată cu doi traductori de nivel) și coeficientul de debit memorat, prin relația:

$$a_{i,n} = \frac{Q_{i(n)}}{M \sqrt{(Z_{i+1,i} - Z_{i,am})_n}} \quad (14)$$

Abaterea:

$$\Delta a_i = a_{i,n} - a_{i,n-1} \text{ și } |\Delta a_i| > \varepsilon_a \quad (15)$$

comandă manevra stăvilărilor.

Suprareglajul de nivel este necesar datorită faptului că la reglajul de debit prin erori de măsurare a consumului se ajunge (cu suprapunerea efectelor) în afara benzii de reglaj al debitelor acceptate și care s-ar modifica nedefinit.

Suprareglajul pe bază de cotă readuce nivelul în domeniul reglajului de debit.

La noi în țară acest tip de reglaj s-a aplicat în sistemul de irigații Olt – Călmățui.

### 3.3.3.2. Reglajul parametrilor hidraulici din bieful amonte de stăvilărilor

Reglajul de pe bieful amonte se poate realiza pe bază de nivel sau debit, informațiile pentru reglare fiind culese de pe bieful amonte aferent stăvilărilor. Reglajul se poate realiza cu informații de nivel sau debit, fiecărui tip de reglare fiind caracteristice echipamentele de automatizare.

1. *Reglaj pe bază de niveluri* se realizează cu unul sau doi traductori de nivel (fig. 3.23), cel din urmă fiind numit și „reglaj bival amonte”.

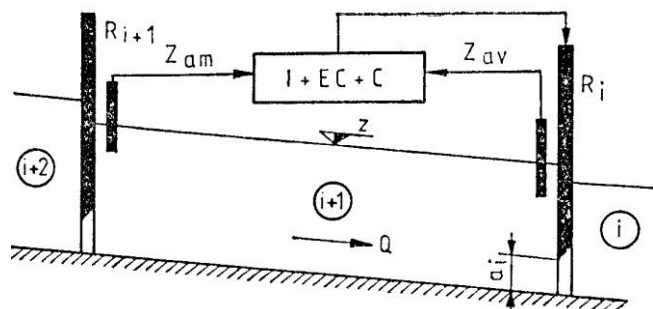


Fig. 3.23. Schema reglajului pe bază de niveluri de pe bieful amonte.

Schema bloc de comandă este asemănătoare cu cea din figura 3.18, mărimile de intrare  $Z_{av}$  și  $Z_{am}$  fiind din bieful amonte de stăvilărilor reglat. Pe bază de nivel sunt caracteristice patru tipuri de reglaje, descrise de relațiile:

$$\Delta a_i = m'_{0(i+1)} [k \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_{i+1} \pm \varepsilon_{ai} \quad (16)$$

$$\Delta a_i = m'_{0(i+1)} [k \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_{i+1} + M_{Q(i+1)} \int_0^t [k Z_{am} + (1-k) Z_{av}]_{i+1} dt \pm \varepsilon_{ai} \quad (17)$$

$$\Delta Q_{ami} = m'_{Q(i+1)} [k \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_{i+1} \varepsilon_{Qi} \quad (18)$$

$$\Delta Q_i = m'_{Q(i+1)} [k \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_{i+1} + M_{Q(i+1)} \int_0^t [k Z_{am} + (1-k) Z_{av}]_{i+1} dt \pm \varepsilon_{Qi} \quad (19)$$

Reglajele (16) și (17) corectează nivelul din bieful situat amonte de regulator, iar reglajele (18) și (19) corectează debitele descărcate de stăvilărilor situat în secțiunea aval a biefului.

Reglajele (16) și (18) sunt proporționale, iar reglajele (17) și (19) conțin și un element integral.

Reglajele cu debit integral cu calitatea superioară, însă diminuează domeniul de stabilitate.

Reglajul (16) pentru  $k = 0$  poate fi executat și de regulatele de nivel hidraulice cu flotor pe tablă. Acest reglaj particular se cunoaște și sub numele de „reglaj cu nivel amonte constant”. Stabilitatea funcționării în acest caz este necondiționat stabilă la perturbări mici.

La aceste tipuri de reglaje  $m'$  și  $M'$  sunt pozitive, iar coeficientul de pondere variază în limitele  $0 < k < 1$ . Reglajele cu  $0 < k < 1$  se realizează cu stăvilărilor electrice cu comandă electrică (executată local sau dispersat).

2. *Reglaj pe bază de debite* – are loc după relația:

$$Q_{am,i} = f(Q_{am}, q_1, q_2, \dots, q_n)_{i+1} \quad (20)$$

și se realizează cu comandă de la distanță, cu centru dispecer echipat cu calculator electronic. Se măsoară debitele de pe canal care se teletransmit la centrul dispecer, unde sunt prelucrate de calculator, care stabilește centralizat comanda sau transmite rezultatul calculului centrului local de comandă, unde analogic se stabilește decizia.

### 3.3.3.3. Reglajul parametrilor hidraulici din ambele biefuri aferente stăvilărilor

Acest tip de reglaj este mai complex în momentul de față. Se reglează parametrii curgerii pe ambele biefuri aferente stăvilărilor automatizat după o relație de tipul:

$$\begin{aligned} \Delta a_i = & m_{0i} [K \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_i + \\ & + M_{0i} \int_0^t [K \Delta Z_{am} + (1-k) \Delta Z_{av}]_i dt + \\ & + m'_{0(i+1)} [k' \Delta Z_{am} + (1-k') \Delta Z_{av}]_{i+1} + \\ & + M'_{0(i+1)} \int_0^t [k' \Delta Z_{am} + (1-k') \Delta Z_{av}]_{i+1} dt \pm \varepsilon_a \end{aligned} \quad (21)$$

Toate celelalte reglaje sunt de fapt câte un caz particular al acestui tip de reglaj.

Stăvilărilor sunt comandate pe baza informațiilor de pe biefuri și se reglează parametrii pe ambele biefuri aferente stăvilărilor (fig. 3.24).

Acest tip de reglaj, cu  $k' = 1$ ,  $k = 0$  și  $M_{0i} = 0$ , a fost propus și perfecționat de Soiuzvodavtomatika din Frunze – fosta U.R.S.S.

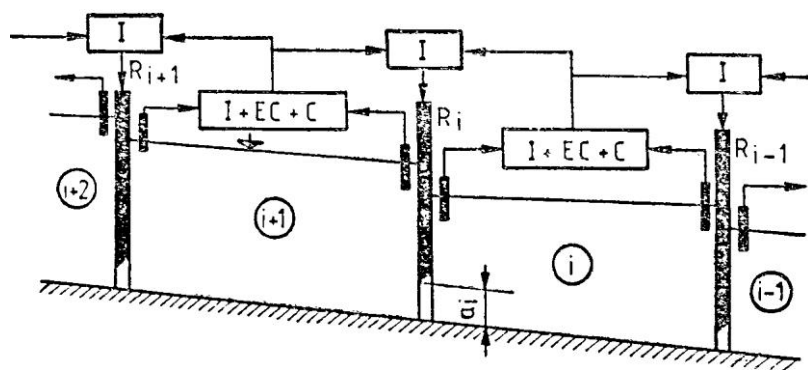


Fig. 3.24. Schema reglajului pe bază de nivel de pe ambele biefuri aferente stăvilarului.

### 3.3.3.4. Concluzii asupra tipurilor de reglaj

#### 1. Cazuri generale

Conducerea automată, locală sau centralizată, a unui sistem hidrotehnic complex cu folosințe multiple necesită adoptarea unei scheme de reglaj. Gradul, calitatea, tehnicitatea unei automatizări diferă în funcție de tipul de reglaj adoptat, subordonat principiului de distribuție, și de echipamentul de automatizare. Procesul tehnologic pe un astfel de sistem hidrotehnic automatizat trebuie să răspundă cerințelor, să asigure condiții normale de exploatare și protecția elementelor sistemului. Reglajele proporționale integrale asigură calitate superioară automatizării, însă afectează domeniul de stabilitate al ansamblului. Filtrele au rol de stabilizare asupra sistemului automat. Studiile întreprinse arată că bazinele de alimentare cu suprafață mică au efect negativ asupra stabilității sistemului. Problema cheie a automatizării sistemelor hidrotehnice o constituie echipamentul folosit, calitatea și fiabilitatea acestuia. Tendința mondială în concepția automatizării este introducerea echipamentelor electrice-electronice și de a dispeceriza conducerea unui astfel de sistem automatizat.

Chiar și pentru teletransmisie se folosesc deja cu succes microundele (cu lungime de ordinul centimetrilor), în detrimentul transmisiei prin cablu.

#### 2. Cazuri particulare

Reglaj cu comenzi din aval și deservire prin pompare din amonte, exemplu.

Sistemele hidrotehnice de tip gravitațional sunt proiectate să livreze consumatorilor apa la parametrii ceruți (debit, volum, presiune, eventual calitate), în orice moment și în orice punct (priză), adică să asigure o distribuție de tipul „la cerere”.

Există însă și situații când anumite suprafețe de teren (platouri întinse, versanți) nedominate gravitațional de schema hidrotehnică (rețea magistrală), nu pot primi apa folosind energia de poziție (gravitațional),

caz în care sunt necesare instalații de ridicare mecanică adecvate, care să asigure cererile consumatorilor (în orice moment).

Astfel de instalații automate de ridicare mecanică a apei — în ipoteza distribuției „la cerere” — au fost proiectate de Serviciul Resurselor de Apă și Energie din California.

Sistemul de comandă utilizat în exploatarea instalației de pompare combină două moduri de reglare: reglarea de tip „deschis-închis” și reglarea „proporțională-proporțională corectată” (P + PR).

Față de sistemul clasic de exploatare de tip „deschis-închis”, folosind reglarea „proporțională-proporțională corectată” se asigură o modificare graduală a deschiderii vanei în funcție de cerințe, astfel:

- regulatorul proporțional „P” — asigură reglarea primară (brută),
- regulatorul proporțional corectat „PR”, folosind ca mărime de intrare mărimea de ieșire de la regulatorul „P”, asigură reglajul parametrilor hidraulici conform cerințelor consumatorilor.

Un astfel de sistem de comandă automată a instalațiilor de pompare, folosind controlul din aval (aferent distribuției la cerere) a fost realizat în California (fig. 3.25).

Stația de pompare ridică apa la o înălțime de 55 metri din canalul San Luis în canalul Coalinga, canal ce are o lungime de 18,7 km și un debit de 32,2 m<sup>3</sup>/s.

Structural, stația de pompare include 9 agregate: trei agregate de pompare având fiecare un debit de 1,3 m<sup>3</sup>/s ce funcționează în sistemul „deschis-închis”, trei agregate de pompare având fiecare un debit de 3,5 m<sup>3</sup>/s ce funcționează în sistemul de reglare „P + PR” și trei agregate mari de 5,9 m<sup>3</sup>/s care sunt reglate manual și care intervin atunci când cererile din aval depășesc capacitatea celor 6 unități de pompare comandate manual.

În sistemul de reglare „deschis-închis”, unitățile individuale de pompare (pompele) sunt acționate în raport cu modificările nivelului apei din capătul aval al primului tronson de canal.

Pentru a limita frecvența de pornire și oprire a pompelor și pentru a preveni instabilitatea întregului sistem, în sistemul de comandă automat este inclus un anumit domeniu de reglare (prestabilit), în limitele căruia se realizează funcționarea normală a întregului ansamblu. În afara acestui domeniu, funcționarea sistemului este instabilă.

Modul de reglare „P + PR” se realizează utilizând de asemenea modificările nivelului apei, care sunt convertite într-un semnal electronic, care filtrat (semnalul electronic) de un filtru electronic, YF ajunge la blocul de comandă „P + PR”.

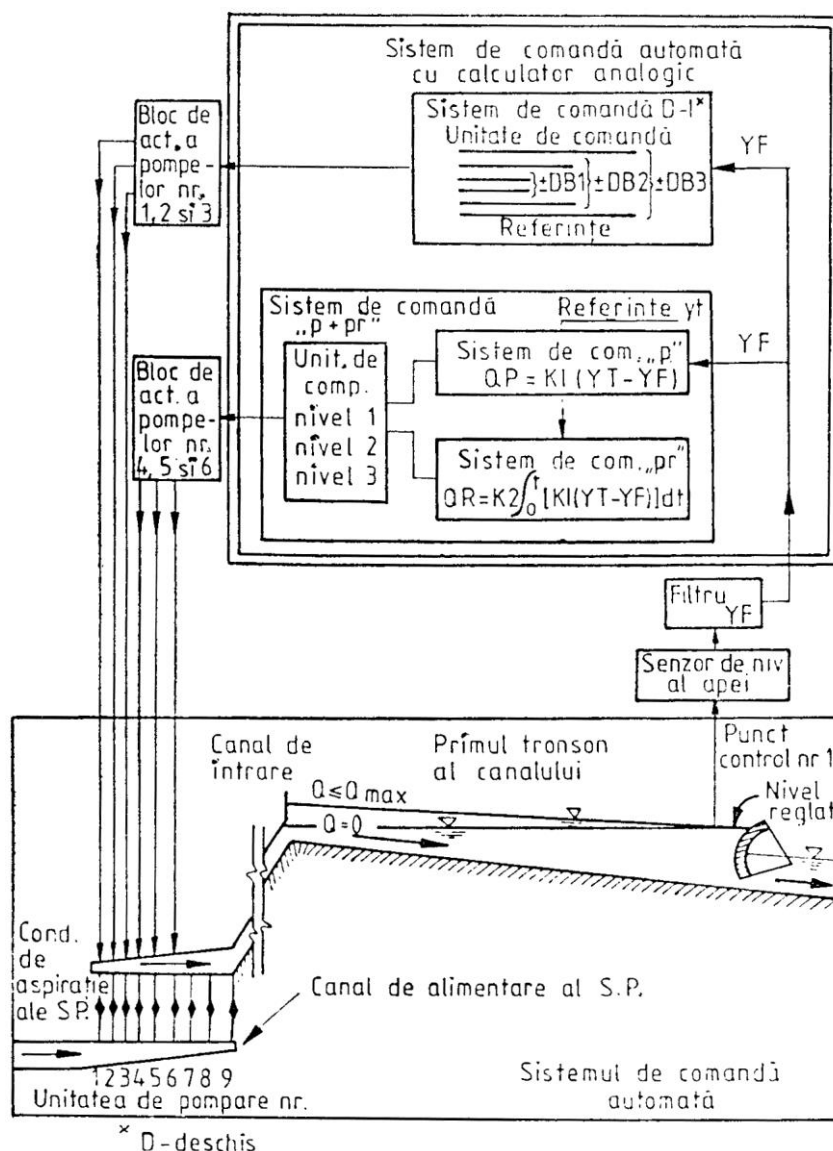


Fig. 3.25. Schema sistemului de control din aval utilizată pentru comanda automată a stației de pompare de pe canalul Coalinga.

În acest bloc de comandă semnalul electronic filtrat intră mai întâi în regulatorul „P”, care rezolvă ecuația:

$$QP = K_1(YT - YF)$$

în care:

$QP$  este debitul prescris de regulatorul proporțional „P”;

$K_1$  – constantă proporțională de amplificare;

$YT$  – nivel de referință;

$YF$  – nivelul apei în canal, modificat de elementul de filtrare.

Semnalul ieșit din regulatorul „P” ( $QP$ ) este semnal de intrare în regulatorul „PR”, care rezolvă ecuația:

$$QR = K_2 \int_0^t (QP \pm RDB) dt$$

în care:

$QR$  este debitul prescris de regulatorul „PR”;

$K_2$  – constantă proporțională de amplificare;

$t$  – timpul real (în secunde);

$\pm RDB$  – domeniul de reglare cerut de regulatorul „PR”.

Semnalele de ieșire  $QP$  și  $QR$  sunt semnale de intrare pentru blocul comparator, care însumează algebric aceste semnale, pentru a obține debitul total la stația de pompare.

Pentru exploatarea sistemului de comandă automată din aval, utilizând reglarea „P + PR”, a fost necesară selectarea cu atenție a constantei de timp a filtrului, nivelul treptei ( $YT - YF$ ) și factorii de proporționalitate,  $K_1$  și  $K_2$ .

O altă metodă de reglare din aval cunoscută sub numele EL-FLO (filtru electronic cu trepte de nivel) și RESET s-a utilizat și se utilizează pe două sisteme de canale din California.

Ca și modul de reglare „P + PR”, un senzor de nivel al apei la capătul aval al tronsonului canalului asigură intrarea la regulatorul proporțional EL-FLO din partea amonte a vanei reglatoare.

Semnalul ieșit din regulatorul EL-FLO este semnal de intrare în regulatorul RESET, de unde rezultă calculul automat al debitului necesar în aval la consumatori și implicit deschiderea necesară a vanei reglatoare automate.

Un bloc de comparare compară deschiderea actuală a vanei automate cu deschiderea necesară, așa cum a fost calculată prin sistemul EL-FLO și RESET și deci se ajustează vana conform cerințelor din aval.

### 3.3.4. ECHIPAMENTE DE AUTOMATIZARE PE REȚELE DESCHISE DE IRIGAȚII

Prin automatizarea sistemelor de irigații, funcțiile de măsurare, comandă și control sunt preluate de echipamentul și elementele de automatizare (parțială sau totală).

Cele mai moderne sisteme de irigații se găsesc în stadiu de automatizare parțială și diferă ca grad: automatizare locală; automatizare locală cu supraveghere centralizată; automatizare centralizată; automatizare de tip hibrid (din a doua generație).



Distribuția apei la beneficiar se realizează în sistemele: livrarea la cerere; livrarea la cerere cu restricții și livrarea după program.

Alegerea dispozitivelor și aparatelor se subordonează schemei de automatizare (care depinde de un număr mare de factori) și funcționarea sistemului hidrotehnic.

Secțiunile caracteristice ale unui sistem de irigații automatizat, care se echipează corespunzător, sunt:

- nodurile (centrele) de priză ale consumatorilor;
- nodurile de alimentare ale canalelor;
- nodurile pe traseul canalelor;
- nodurile de racordare a apeductelor, sifoanelor, galeriilor forțate, cu canalele deschise;
- nodurile speciale – evacuare, tratarea apei, centrale hidroelectrice ș.a.;

Echipamentele adoptate pe bifuri sunt aferente tipurilor de reglaj:

- reglajul parametrilor hidraulici din bieful aval de stăvilă (pe bază de niveluri și pe bază de debite – la cerere și după program);
- reglajul parametrilor hidraulici din bieful amonte de stăvilă (pe bază de niveluri și pe bază de debite);
- reglajul parametrilor hidraulici din ambele bifuri – aferente stăvilărilor.

În tehnica mondială se întreprind ample studii și cercetări pentru îmbunătățirea echipamentelor de automatizare și pentru ridicarea fiabilității lor.

În fosta U.R.S.S., la Institutul Frunze, în Franța la Neyrtex, în România la I.C.H., I.C.I.T.I.D., Institutul Politehnic Iași și Timișoara, la IEELIF Tulcea și Timișoara ș.a., sunt realizări demne de reținut de către specialiștii interesați în problema „Sistemelor de irigații automatizate”.

### 3.3.4.1. Controlul nivelurilor și debitelor retențiilor, bazinelor și canalelor, organelor de reglare, protecție și închidere

Acestea sunt:

- *Vanele sau stavilele Amil*, în cazul nivelului amonte constant; realizate în 21 modele (D80-D800), cu pierderi de sarcină 2-100 cm, debitează 100-55.000 l/s (fig. 3.26).

Vana Amil instalată în cursul principal, asociată cu modulul sau cu deversorul cu mască, dispus în de-

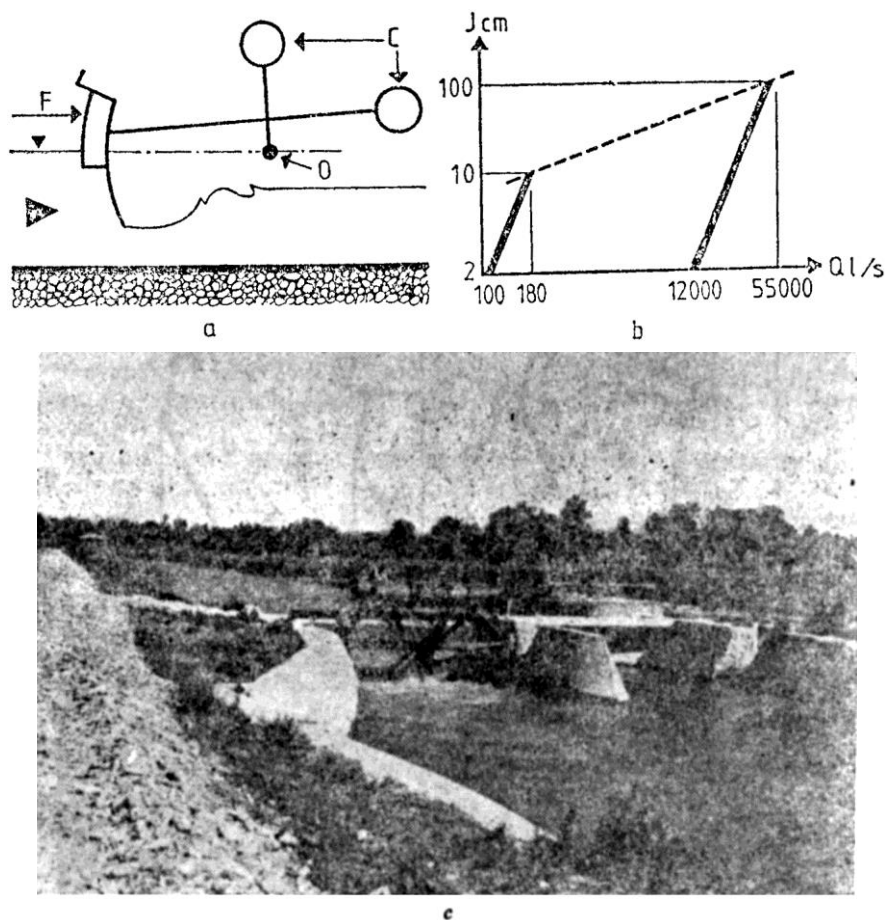


Fig. 3.26. Vana AMIL: a – schema constructiv-funcțională; b – diagrama  $Q, J$ ; c – vana AMIL D500 pe canalul Sangar; F – flotor; C – contragreutate de compensare; O – ax de rotație; y – nivel reglat.

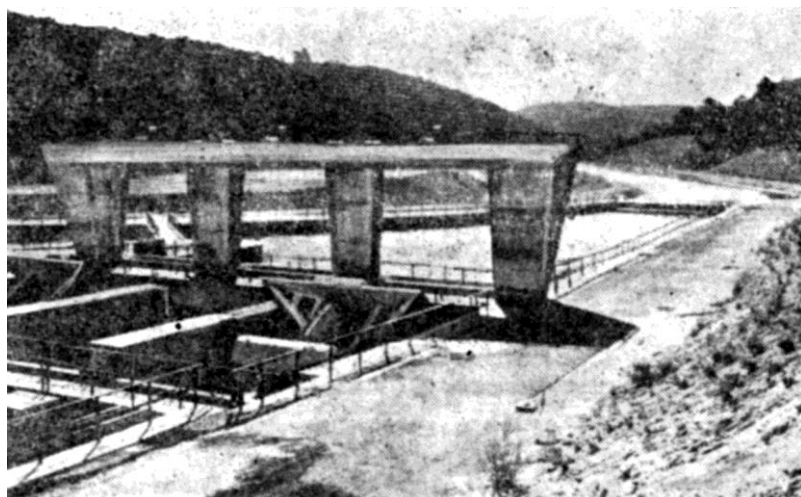
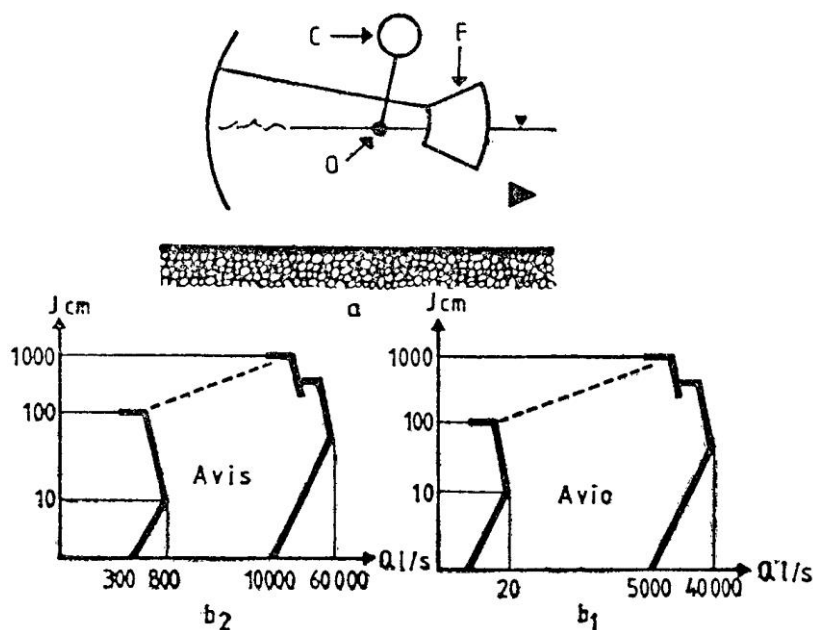
rivație, permite realizarea prizelor cu debit constant ajustabil.

Amplasate în serie pe canale, vanele Amil permit reglarea automată a rețelelor de irigații cu comandă din amonte. Amplasată transversal pe scurgere, vana Amil menține automat planul de apă amonte la o cotă determinată, datorită proprietății principale a flotorului – sector compensator, de a fi în echilibru indiferent, când nivelul de apă se află la cota axului său de rotație.

Vana se caracterizează printr-un reglaj precis, pierdere redusă de sarcină și antrenarea pe la fund a aluviunilor.

– *Vanele sau stavilele Avio și Avis\** (fig. 3.27), în cazul nivelului aval constant (Avio – plasate pe orificii sub sarcină și Avis – pe suprafața liberă a apei), sunt realizate în 26 modele Avio (cu pierderi de sarcină de 1-130 cm, debitând 20-40.000 l/s) și în 20 modele Avis (cu pierderi de sarcină de 1-35 cm, debitând 300-60.000 l/s – v. diagramele).

\* Stavile sau vane hidraulice tip D 110/100; 140/160; 250/1000 – realizate în România (Proiect tip nr. 267/7; 263/7 j 236/7 – Catalog 4/1987 – ISPIF – București).



**Fig. 3.27.** Vanele Avio și Avis: a – schema constructiv-funcțională;  $b_1$ ,  $b_2$  – diagramele  $Q$ ,  $J$  pentru Avio și Avis; c – vane Avis 280/530 la priza Boute – Canal Provençe; F – flotor; C – contragreutate de compensare;  $Q$  – ax de rotație;  $y$  – nivel reglat.

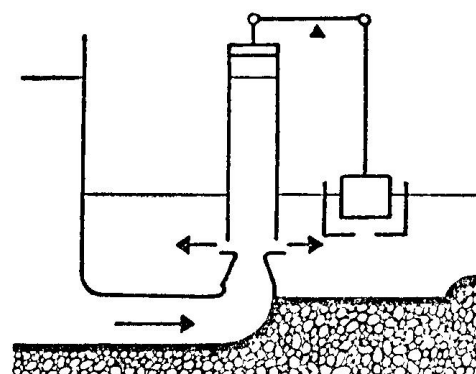
Dispuse în derivație pe un canal sau la ieșirea dintr-o acumulare, vanele Avio și Avis permit a se realiza, în asociere cu modulul cu mască, captarea unui debit constant ajustabil.

Amplasate în serie pe canale, vanele Avio și Avis permit reglarea automată a rețelilor cu comandă din aval, datorită proprietăților deosebite ale flotorului – sector cu contragreutate de compensare.

Vanele se caracterizează prin reglaj precis, pierdere redusă de sarcină și automatizare posibilă a distribuției fără energie exterioară.

– *Vanele cilindrice* (fig. 3.28) care se instalează la ieșirea dintr-un bazin sau la extremitatea unei conducte scurte, sub sarcină mică, în scopul asigurării unui nivel constant în aval.

Vana cilindrică este de fapt un robinet mare cu flotor echilibrat, (al cărui organ obturator, format dintr-o cameră cilindrică verticală suspendată deasupra deschiderii conductei, insensibil la presiune, prin faptul că nivelul amonte se realizează și în interiorul acestui cilindru asemănător unei camere de echilibru), care asigură aval un nivel constant.



**Fig. 3.28.** Vană cilindrică: vedere și principii de funcționare.

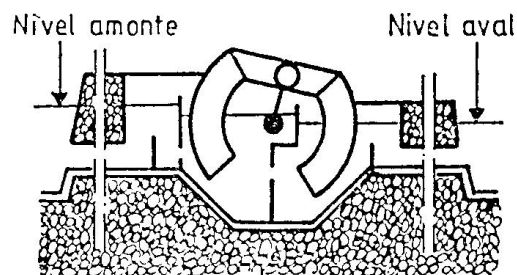
Această vană este destinată uvrăjelor cu sarcini mici (fie în bazine, fie în conducte).

Sunt realizate în tehnică o gamă largă de vane cilindrice care se pot grupa după diametru, în vane *ușoare* ( $\varnothing = 80-500$  mm) și vane *grele* ( $\varnothing = 630-2.000$ ).

Asociată cu modulul cu deversorul cu mască, vana cilindrică permite realizarea unei prize de apă cu debit constant.

Vana cilindrică prezintă mare precizie în reglaj, insensibilitate în variația de sarcină, siguranță deplină în funcționare.

– Vanele *mixte* (fig. 3.29) se amplasează transversal pe scurgere, stabilind între nivelurile amonte și aval relații de corespondență după legi predeterminate; se mai numesc și vane de asociere a nivelurilor amonte și aval.



**Fig. 3.29.** Vana mixtă: schema constructiv-funcțională.

Pentru a realiza asocierea nivelurilor amonte și aval, vana mixtă este acționată prin 2 flotori-sector cu

contragreutate de compensare, oscilând în două bacuri legate, cu nivelul amonte, nivelul aval și între ele, printr-un circuit auxiliar, combinând deversoare și orificii calibrate.

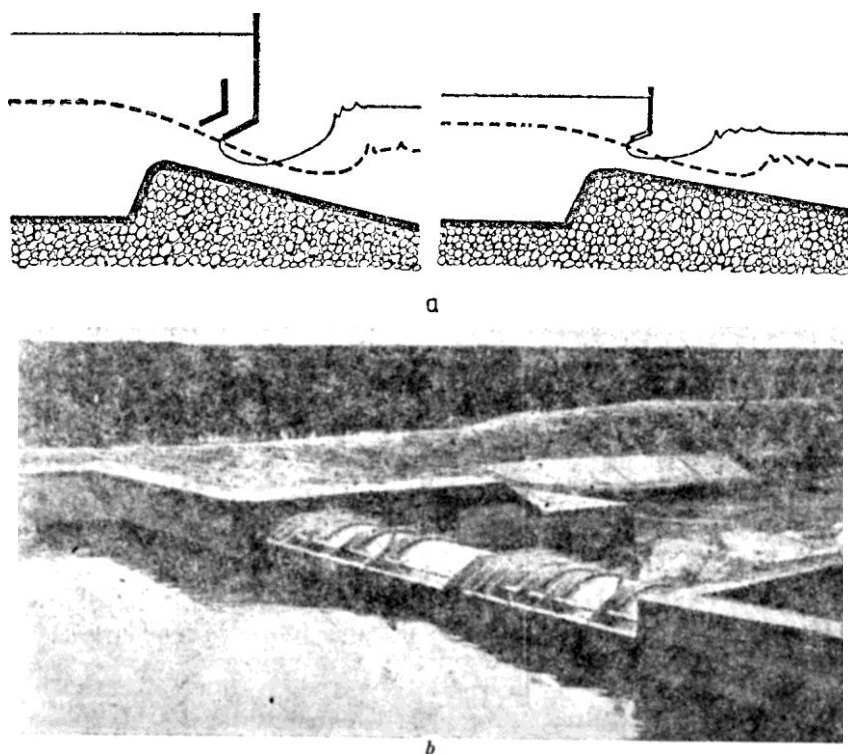
Sunt realizate în tehnică 8 modele de vane mixte, echipate cu flotori de raze diferite. Asigurând debite mari (3-45 m<sup>3</sup>/s) cu pierderi de sarcină minime (0,10-0,15 m) și reglând, prin asociație nivelurile amonte și aval, vanele mixte sunt rezervate pentru echiparea arterelor de apă principale, ca și pentru construirea rezervelor de apă, în scopul compensării zilnice, între „cerere” și „resurse”.

– *Modulele deversoare cu mască* (fig. 3.30) asigură debite constante ajustabile. Se instalează la marginea unui plan de apă, în scopul prelevării unui debit constant, independent de fluctuația nivelului amonte.

Proprietățile modulului cu mască rezultă din asocierea unui prag profilat și a unei măști înclinată fix, amplasate astfel ca să compenseze efectul de creștere al nivelului de apă. Adăugarea celei de a doua măști asigură același efect – realizând debitul constant – la variații mai mari ale nivelului de apă.

În tehnică sunt realizate 4 game de aparate standardizate:

- pentru debite de 30-150 l/s, fracționabile prin 5 l/s;
- pentru debite de 30-480 l/s, fracționabile prin 10 l/s;



**Fig. 3.30.** Module – deversoare – cu mască: a – schema constructiv funcțională a modulelor cu una și două măști; b – baterie de module tip Li-1700 Vs (Perimetrul rizicol Yagua).

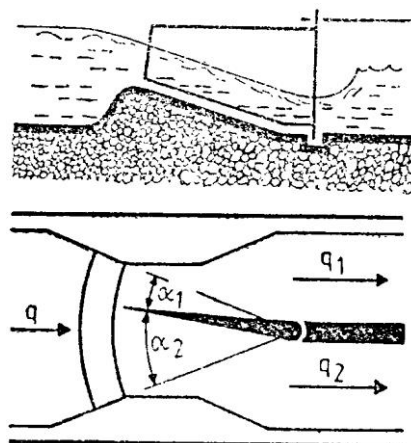
– pentru debite de 500-5.000 l/s, fracționabile prin 50 l/s;

– pentru debite de 1.000-10.000 l/s, fracționabile prin 100 l/s.

Prin combinații de blocuri de module se pot deriva și debite superioare, celor de mai sus.

Asocierea modulelor cu mască cu vane cu nivel constant, în echiparea unei prize de apă, asigură o derivație sigură și de mare eficiență.

– *Partitorul proporțional* (fig. 3.31), amplasat în canal, împarte debitul variabil în proporții constante, ușor ajustabile.



**Fig. 3.31.** Partitor proporțional.

Raportul debitelor derivate este egal cu raportul unghiurilor formate de oblon și maluri, fiind independent de nivelurile aval, datorită saltului.

Pierderile de sarcină sunt reduse în partitor; cele 11 modele de partitori, cu o gamă largă de debite (30-20.000 l/s) însciu pierderi de sarcină cuprinse între 5 și 80 cm.

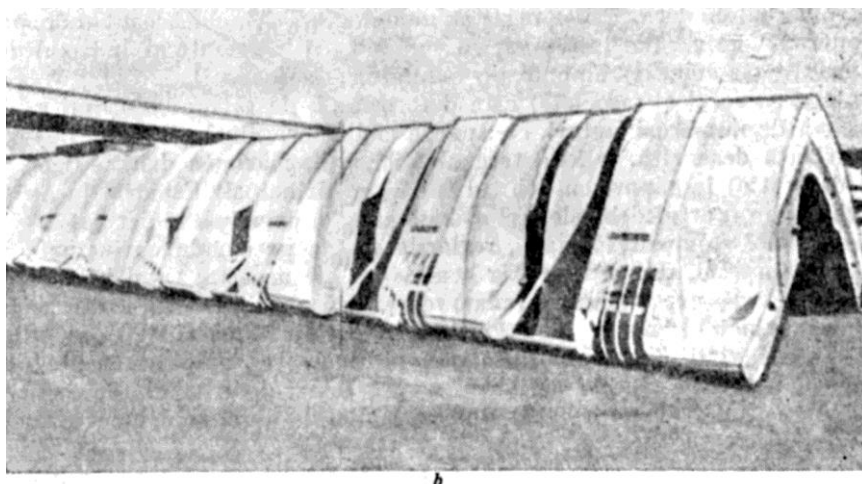
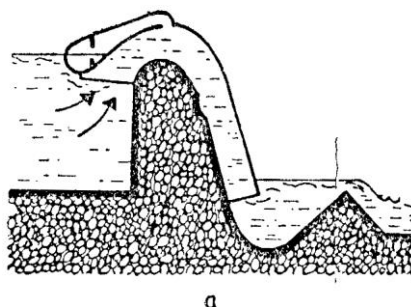
– *Sifonul de siguranță*, de mare capacitate (fig. 3.32) se amplasează în preaplinul bazinului sau canalului, evitând deversarea, prin evacuarea surplusului de apă.

Cu o lățime minimă a lucrărilor constructive, comparativ cu aceea a unui deversor – pentru un debit echivalent – sifonul cu amorsare progresivă evacuează viiturile micilor retenții și protejează canalele, bazinele și toate lucrările cu suprafața liberă, contra deversărilor.

Sifonul este realizat în 9 tipuri, capabile de a evacua debite unitare (pe unitatea de sifon) de 60-1.400 l/s.

Pentru descărcarea unor debite superioare a 1.400 l/s, pot fi amplasate în baterie mai multe unități (sifoane).

**Fig. 3.32.** Sifon de siguranță:  
a – schema constructiv-funcțională;  
b – sifoane tip SI-1400 destinate  
lucrărilor de irigații din bazinul  
Eufratului.



### 3.3.4.2. Diverse soluții de echipare a canalelor și bazinelor pentru reglare

#### 1° Asocierea modulelor cu mască cu vane automate, în automatizarea canalelor de irigații

Modulul cu mască se utilizează în cazul unui nivel amonte în limite stabilite. Când nivelul amonte depășește aceste limite, modulul se folosește combinat cu alte aparate, care au rolul să reducă nivelul apei din fața modulului, în acest scop se pot adopta mai multe soluții (fig. 3.33):

1. Deversor sau sifon lateral de siguranță, amplasat amonte pe derivație (pe canalul principal, sau chiar pe derivație, amonte de modul, dacă există spații și condiții de evacuare a debitului suplimentar. Această soluție, rar folosită în sistemele moderne, prezintă dezavantajul consumului inutil de apă, prin descărcarea laterală.

2. Vană cu nivel aval constant (AVIS), instalată pe canalul principal, amonte de derivație (priza cu modul) (fig. 3.33, a). Priza canalului de derivație este echipată cu o baterie de module cu mască ce asigură debitul „cerut” în canalul secundar. Vana AVIS are rolul de a regla și menține automat nivelul de apă în canalul principal (respectiv debitul adus), în funcție de variațiile debitului cerut în aval.

3. Vană cu nivel aval constant (AVIS sau AVIO), instalată direct pe canalul de derivație, amonte de mo-

dulul cu mască (fig. 3.33, b). Acest tip de priză asigură constanța debitului reglabil la „cerere”, chiar dacă nivelul de apă din canalul principal prezintă importante oscilații.

4. Vană cu nivel amonte constant (AMIL) instalată pe canalul principal, puțin aval de derivație – priza cu modul (fig. 3.33, c). Acest tip de priză este adoptată în special în rețelele cu comandă prin amonte și în cazul derivațiilor situate imediat amonte de reglatoarele de nivel.

Alegerea soluției (asociate) este determinată de rațiuni economice, care țin seamă de numeroși factori, ca: panta canalelor, nivelurile apei în raport cu suprafața deservită, relieful terenului irigabil, mărimea debitului preluat (prin derivație) în raport cu debitul canalului principal. Esențial în această analiză va fi raportul debitelor celor două canale, principal și derivația.

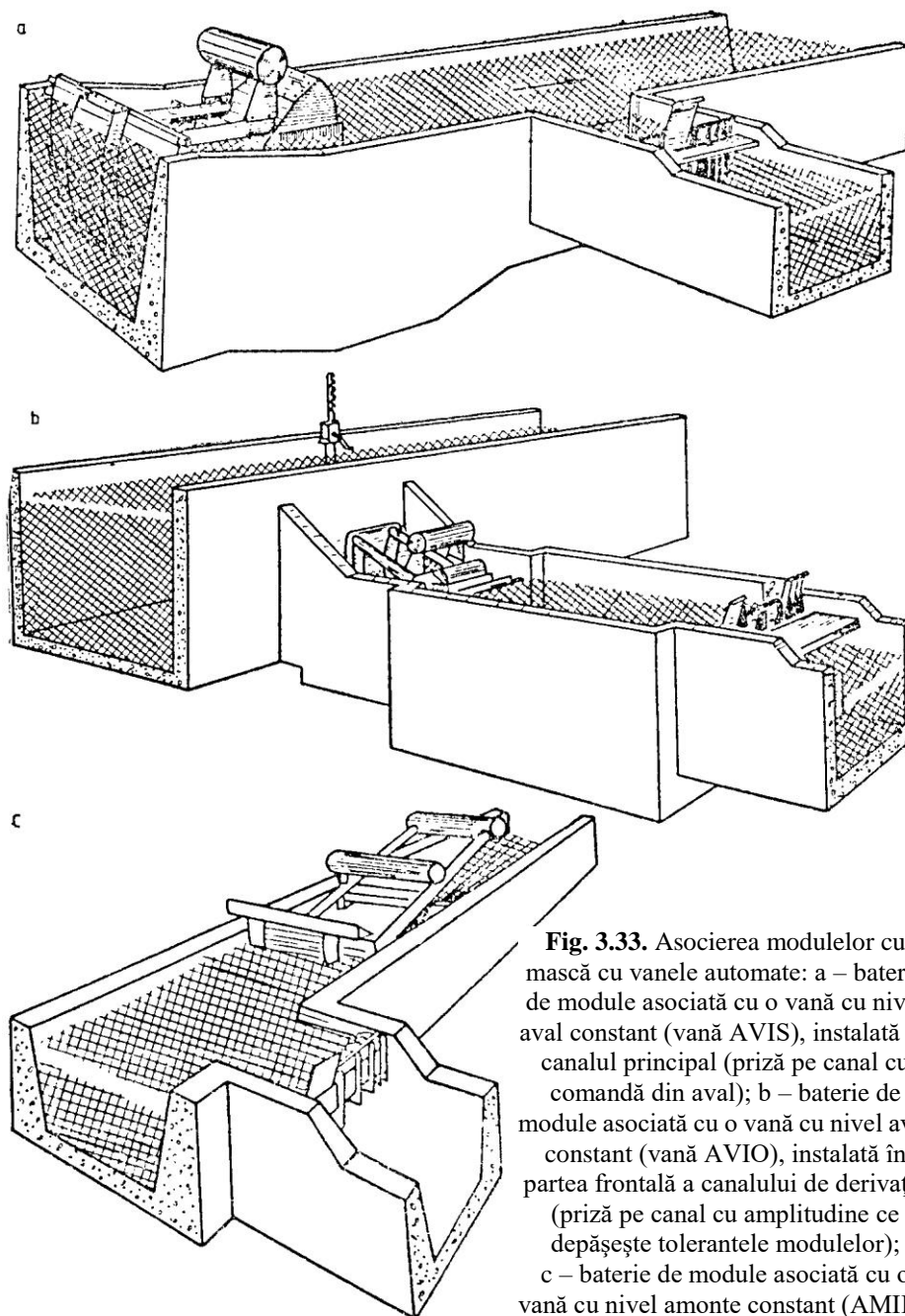
În cele mai frecvente situații, reglările se fac pe canalul principal (prin amonte, prin aval, mixt) derivația beneficiind de aceasta. Când însă debitul prizei (derivația canalului secundar) reprezintă o mică fracțiune din acela al canalului principal, nu se fac reglări pe acesta din urmă (CP), ci se adoptă soluția amplasării unei vane automate pe derivație, amonte de modul cu mască (v. fig. 3.34, d). Pe derivație se pot folosi două tipuri de vane;

- vane AVIS (la suprafață) când variațiile de nivel pe canalul principal sunt mici;
- vana AVIO (instalată la deschidere de fund sub sarcină), când variațiile de nivel pe canalul principal sunt mari.

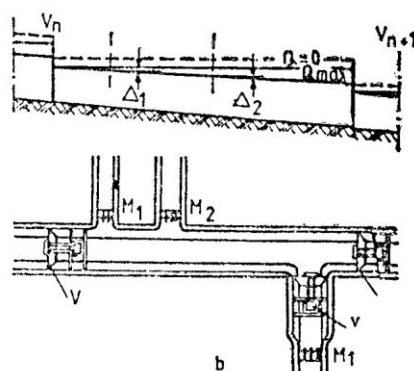
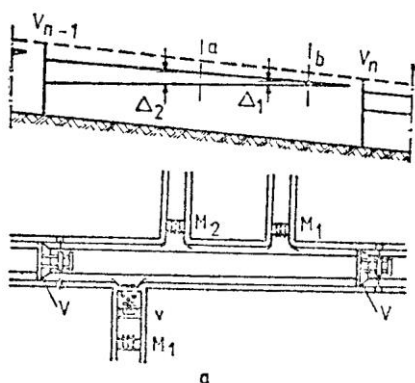
În cazul derivării unui debit important din canalul principal, soluția indicată este aceea a reglării nivelurilor pe acest canal (CP), fie prin vane cu nivel amonte constant (vane AMIL), fie prin vane cu nivel aval constant (vane AVIS). Reglarea directă pe derivație, în acest caz, va complica soluția prin construcții importante și cu rezultate insuficiente asupra realizării cotelor de dominație, prin pierderile mari de sarcină (în derivație).

Oricare ar fi soluția de reglare (prin asocierea modulului cu mască cu vanele automate), un rol hotărâtor în corecta funcționare a ansamblului îl constituie rezolvarea atentă a relațiilor de cote (calajul aparatelor).

Trebuie să se țină seamă de toate variațiile planurilor de apă datorate efectului vanelor și pierderilor de sarcină între punctul de reglaj și acela unde este instalat modulul cu mască.



**Fig. 3.33.** Asocierea modulelor cu mască cu vanele automate: a – baterie de module asociată cu o vană cu nivel aval constant (vană AVIS), instalată pe canalul principal (priză pe canal cu comandă din aval); b – baterie de module asociată cu o vană cu nivel aval constant (vană AVIO), instalată în partea frontală a canalului de derivație (priză pe canal cu amplitudine ce depășește toleranțele modulelor); c – baterie de module asociată cu o vană cu nivel amonte constant (AMIL), instalată pe canalul principal (priză pe canal cu comandă prin amonte)



Sunt de reținut – la derivațiile din canalele principale deschise – soluțiile de asociere (modul + vane) caracteristice celor două tipuri de reglări de bază pe CP (fig. 3.34, a, b).

În cazul canalelor cu comandă prin amonte (fig. 3.35, a). Canalul de aducțiune (principal) este divizat în biefuluri prin vane automate cu nivel amonte constant: vane AMIL.

Nivelul apei în canalul principal variază de la o poziție orizontală, cu debitul ( $Q = 0$ ) situată dedesubt, și până la o înclinare ce asigură debitul maxim ( $Q_{\max}$ ).

Considerând că amplitudinile admisibile (ale nivelului apei) în derivații sunt:  $\Delta_1$  pentru modulul cu o mască ( $M_1$ ) și  $\Delta_2$  pentru modulul cu două măști ( $M_2$ ), rezultă că derivațiile aflate în sectorul  $V_n$  a pot beneficia numai de reglajul modulelor: cu o mască ( $M_1$ ) pentru tronsonul  $V_nb$  și cu două măști ( $M_2$ ) pentru tronsonul b-a.

Derivațiile aflate în sectorul  $a-V_{n-1}$  necesită pe lângă module și alte soluții de reglaj ca:

- fie o vană cu nivel amonte constant (AMIL) situată pe canalul principal, imediat aval de derivație (v. fig. 3.33, c).

- fie o vană cu nivel aval constant (AVIS sau AVIO) situată pe canalul de derivație, amonte de modulul cu mască (v. și fig. 3.34, b).

Se va adopta soluția tehnic economică, ținându-se seamă că: vana AMIL, instalată pe canalul

**Fig. 3.34.** Conlucrarea pe bieful canalului a modulelor cu vanele, în cele două soluții de comenzi: a – derivații (echipate cu module cu mască asociate cu vanele automate) din canalele principale cu comandă prin amonte; b – derivații (echipate cu module cu mască asociate cu vanele automate) din canale principale cu comandă prin aval.

principal, se dimensionează pentru un debit mare, dar prezintă o pierdere de sarcină redusă, iar vanele AVIO sau AVIS, instalate pe derivație, corespund la debite mici, derivate. La elementele comparative de mai sus trebuie adăugat, pentru vana AMIL, că efectul său (favorabil) se poate face simțit și asupra altor derivații din zona de influență (sectorul de canal pe care acționează efectul vanei).

În cazul canalelor cu comandă prin aval (fig. 3.34, b), canalul principal este împărțit în biefuri prin vane automate cu nivel aval constant, cu comandă prin aval – tip AVIS și AVIO – (v. fig. 3.34, a, b).

Nivelul apei în canalul principal variază de la o poziție orizontală cu debit nul ( $Q = 0$ ), situată deasupra, și până la o înclinare ce asigură debitul maxim ( $Q_{\max}$ ).

Considerând că amplitudinile (ale nivelului apei) în derivații sunt:  $\Delta_1$  pentru modulul cu o mască ( $M_1$ ) și  $\Delta_2$  pentru modulul cu două măști ( $M_2$ ), rezultă că derivațiile aflate în sectorul  $V_n b$  pot beneficia numai de reglajul modulator: cu o mască ( $M_1$ ) pentru tronsonul  $V_n a$  și cu două măști ( $M_2$ ) pentru tronsonul  $a-b$ .

Derivațiile aflate în sectorul  $bV_{n+1}$  necesită, pe lângă module, și alte soluții de reglaj, ca:

- fie o vană cu nivel constant (AVIS) pe canalul principal, amonte imediat de derivație;
- fie o vană cu nivel aval constant (AVIS sau AVIO) situată pe derivație, amonte de modulul cu mască.

Soluțiile se aleg după criterii similare cazului anterior.

## **2° Utilizarea regulatorului hidraulic de nivel (RHN) tip IEELIF Tulcea, în automatizarea locală**

Controlul local al nivelului este necesar în multe situații, independent de cel al debitelor, pentru satisfacerea unor necesități de exploatare – a rețelei sau a beneficiarilor.

În tehnica irigațiilor din țara noastră s-a extins automatizarea canalelor cu ajutorul vanelor T și D, pe lângă cele din rețeaua Neyrtec. Specialiștii de la IEELIF Tulcea (Profir N. și Vasian A.), împreună cu un colectiv de cadre didactice de la Inst. Politehnic Iași (I. Bartha, D. Prepeliță, A. Popia, M. Luca, V. Blidaru), analizând cauzele unor funcționări defectuoase a automatizărilor cu vane automate T și D, au realizat RHN tip Tulcea. Acest regulator a fost brevetat și omologat (Brevet OSIM nr. 79362/1980) și Brevet invenție 89970/1980.

a. Cauzele funcționării defectuoase a automatizărilor cu vane automate T și D.

În unele dintre sistemele de irigații automatizarea canalelor de aducțiune și distribuție este realizată cu comandă hidraulică „din aval”, care presupune existența unor surse „abundente” de apă în partea

frontală a canalelor, iar nivelul este reglat la cota axului vanelor de tip T și D utilizate. Aceste condiții impuse de tipul de automatizare și de elementele de execuție sunt rigide, dar în procesul de exploatare apare necesitatea modificării parametrilor, ceea ce duce la o parțială incompatibilitate între „cererea” sistemului și „răspunsul” schemei de automatizare. Astfel, apar situații în care, în capătul amonte al canalelor alimentate prin pompare, nu poate fi asigurat cu un volum abundent de apă, îndeosebi datorită restricțiilor din sistemul energetic, datorită cărora satisfacerea cerințelor de apă este neuniformă de-a lungul canalului prin consumarea apei din biefurile amonte. De asemenea, imposibilitatea vanelor de tip T sau D de a impune restricții nivelurilor din bieful amonte duce de multe ori la pierderi de apă prin deversoare în instalațiile de protecție ale biefurilor (deversoare laterale sau sifoane).

Echipamentele amintite nu pot răspunde nici situațiilor când rețelele de canale automatizate nu trebuie menținute pline, ci la un nivel inferior, în scopul reducerii pierderilor prin evaporare sau infiltrație.

Un alt dezavantaj al vanelor T și D îl constituie valorile reduse ale momentelor de închidere și deschidere, care creează situații de funcționare defectuoasă, eventual chiar blocare, ceea ce conduce la necesitatea unei foarte atente întrețineri.

b) Utilizarea regulatorului hidraulic de nivel (RHN). Regulatorul hidraulic de nivel conceput în cadrul I.E.E.L.I.F. Tulcea poate să înlăture o serie întreagă de neajunsuri ale automatizării locale a canalelor, cu comandă hidraulică.

Principiul de funcționare a acestui regulator se bazează pe variația comandată a nivelului apei în plutitorul său, în funcție de nivelul apei din bieful reglat și de restricțiile impuse celui alt bief (fig. 3.35).

Partea principală a regulatorului care permite controlul și comanda nivelurilor este sistemul de comandă al regulatorului. De-a lungul perioadei în care colectivul amintit a fost preocupat de îmbunătățirea performanțelor regulatorului, sistemul de comandă a suferit o serie întreagă de modificări, care au condus la creșterea siguranței în funcționare, a preciziei de lucru și la simplificarea construcției lui.

Prin concepția sa, sistemul de comandă permite multe posibilități de lucru pentru regulator și anume:

- nivel aval constant cu restricții de nivel maxim și minim în amonte;
- nivel aval constant;
- nivel amonte constant.

Prin noile îmbunătățiri aduse sistemului de comandă există posibilitatea ca regulatoarele de tip T și D scoase din uz să fie repuse în funcțiune după cum au fost transformate să lucreze pe principiul regulatorului descris.



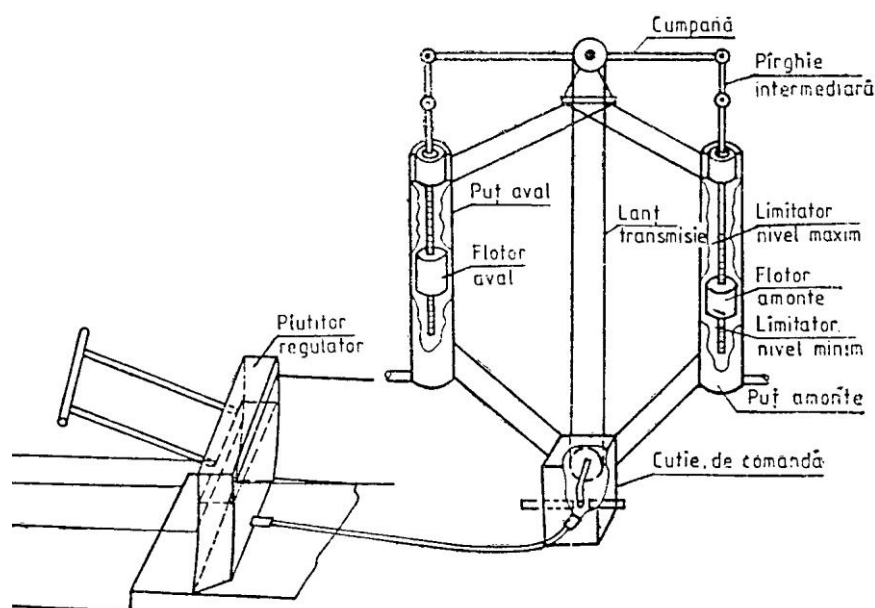


Fig. 3.35. Regulator hidraulic de nivel (RHN).

### Concluzii.

Se poate remarca faptul că regulatorul hidraulic brevetat realizează performanțe superioare vanelor automate folosite în prezent, pe baza următoarelor considerente:

- echilibrarea regulatorului este foarte puțin pretențioasă, de aceasta depinzând doar valoarea minimă a pierderii de sarcină;
- toleranța de reglaj a nivelului este maxim 5 mm, ceea ce conferă o precizie ridicată de lucru;
- viteza de restabilire a nivelului (de amortizare a oscilațiilor) este mare, conducând la stabilitate crescută la oscilații mari de bief;
- nivelurile reglate pot fi modificate foarte ușor printr-un simplu reglaj al flotorului;
- crește flexibilitatea adaptării regulatorului la diverse cerințe ale canalului automatizat;
- cresc momentele de acționare a regulatorului, fiind practic exclusă înțepenirea sa;
- restricțiile de nivel maxim și minim în amonte conduc la economii de apă și o rațională repartizare a consumului de-a lungul canalului în cazul restricțiilor energetice.

### 3° Asocierea reglatoarelor de nivel și debit în echiparea bazinelor de compensare

În unele situații rețeaua de canale pentru irigații (aducțiuni-distribuții în regim automatizat, ca și colectoarele de apă, sunt prevăzute cu bazine-rezervoare, ce au rolul de a aplatiza vârfurile scurgerii\* și viteza de

propagare, cu diminuarea riscurilor revărsării, asigurând totodată suplimentarea „cererilor” pe bief, facilitând astfel automatizarea mixtă (fig. 3.36).

Echiparea amenajării „canal-bazin” cu reglatoare de nivel și debit se face ținându-se seama de:

- rolul, volumul și regimul funcțional al bazinului;
- amplasamentul bazinului;
- tipul de reglaj.

Rolul principal al bazinului este de a diminua amplitudinea scurgerii, transformând hidrogramele  $Q_e(t)$  în  $Q_s(t)$ .

Raportul  $\frac{Q_e(t)}{Q_s(t)}$  reprezintă co-

eficientul de amortizare  $K_a$  al vârfului de viitură, indicând totodată regimul de funcționare al bazinului.

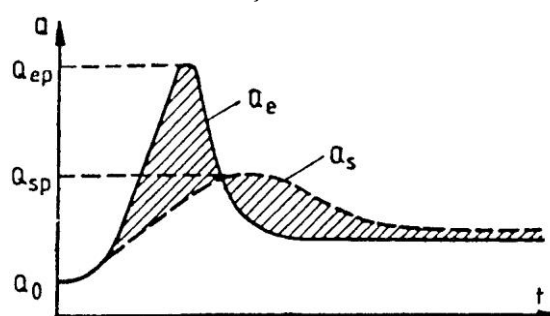


Fig. 3.36. Hidrogramă  $Q_e(t)$  și  $Q_s(t)$ :  $Q_0$  – debit minim;  $Q_{ep}$  – debit de vârf în absența bazinului;  $Q_{sp}$  – debit de vârf cu bazin.

#### a) Soluții de amplasare a bazinului compensator

Față de bieful pe care-l protejează, bazinul poate ocupa diverse poziții (fig. 3.37, a, b, c), impuse de o complexitate de factori hidraulici, orografici, sociali.

1. La amplasarea bazinului în scrie pe canal (fig. 3.37, a), coeficientul  $K_a$  pentru o hidrogramă a creșterii  $Q_e(t)$  dată, depinde de:

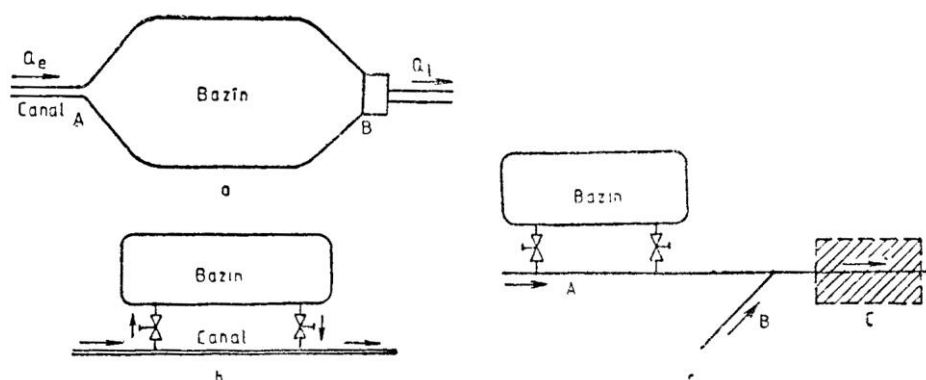
- suprafața bazinului;
- raportul: înălțimea apei ( $h$ ) și debitului ( $Q$ ), deci de  $h/Q$ , al instalației de restituție B.

Prin metode simple de calcul, în funcție de aceste date, se determină  $\frac{Q_{ep}}{Q_{sp}}$ .

În acest caz este indicat să se amplaseze în B un dispozitiv care nu creează pierderi de sarcină, atât cât debitul care sosește în bazin  $Q_e$  este inferior unui debit limită  $Q_l$  (de saturație) care poate fi preluat de bieful sau colectorul aval. Când debitul care sosește  $Q_e$  depășește  $Q_l$ , diferența  $Q_e - Q_l$  este înmagazinată în bazin.

\* E vorba de tranșe de apă luate din sursă și neconsumate pe unele bieuri, ca și de viituri pe râuri și colectoare.





**Fig. 3.37.** Soluții de amplasare a bazinului de compensare: a – în serie; b – în derivație; c – amonte de sectorul de protejat, pe un colector secundar.

2. La amplasarea bazinului în *derivație* pe canal, dispozitivele ce se adoptă în automatizare trebuie să asigure derivarea spre bazin a vârfurilor de scurgere și restituirea apei în canal (colector), la sfârșitul creșterii (fig. 3.37, b).

3. La amplasarea bazinului în A pe o ramificație sau un colector secundar, *amonte* de bieful sau obiectivul ce trebuie protejat (C), contra viiturilor aduse de ramificație sau colectorul principal B (fig. 3.37, c), dispozitivele de automatizare necesare trebuie să asigure înmagazinarea, respectiv restituirea apei în și din bazin, prin manevrarea corespunzătoare a vanelor din A.

Manevrarea vanelor în A poate fi comandată:

- fie prin ridicarea nivelului în C și transmiterea informațiilor pe cale hidraulică, situație ce poate conduce la întârzierea acțiunii de înmagazinare (în A), cu consecințe nefavorabile în aval (C), dacă timpul de propagare a undei de creștere între A și C este lung;

- fie printr-un sistem de reglare complex, care ia în considerare starea de umplere a diferitelor canale (colectoare), precum și timpii de propagare ai undelor de creștere între bazine și bieful sau zonele critice.

b) *Echipamente de reglaj pentru bazinul compensator*

Se pot diferenția, pentru soluțiile de amplasare și funcționare a bazinelor de compensare prezentate în figura 3.37, a, b, c și aliniatul 1°:

1) echipamente cu organe de reglare simple;

2) echipamente cu regulator local;

3) echipamente în cadrul unui sistem de reglare centralizat.

În *prima categorie* (1) se înscriu: deversoarele, sifoanele, vanele cu nivel constant (amonte sau aval), modulele cu mască, vanele cilindrice.

În figura 3.38, a, b, c, d se prezintă (G. Combes, Neyrtec, 1981) diverse posibilități de amplasare și funcționare a acestor echipamente;

- între canal și bazin, în B (fig. 3.39, a), se amplasează un organ lateral de descărcare a apelor mari ce depășesc anumite cote. Acesta poate fi: deversor (care reclamă front mare de descărcare), sifon, vană cu nivel amonte constant (tip AMIL). Echipamentul este completat, în C, printr-un clapet care readuce

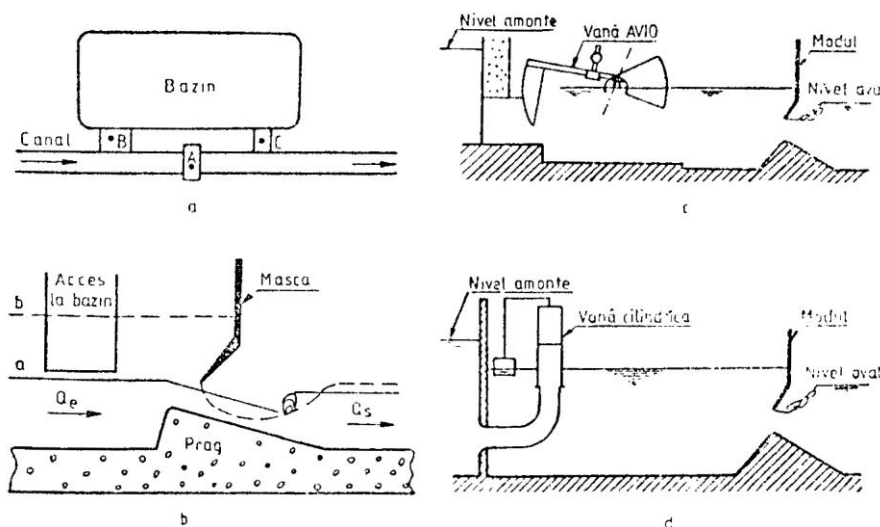
apele stocate spre canal, când nivelul în canal a coborât, permițând tranzitarea.

Valorile (debite, volume, cote de acces și restituție) sunt fixate prealabil, reprezentând parametrii în automatizare.

- Pe canal, în C (fig. 3.38, a, b), se amplasează un modul cu o mască, care asigură trecerea în aval a unui debit constant ( $q_{vasiconstant}$ ), pentru variația amonte a nivelului în limite date (câteva zeci de cm; v. „Sisteme de irigații și drenaje”, 1976, cap. V, Editura Didactică și Pedagogică, V. Blidaru), cu pierderi minime de sarcină (v. linia „a” figura 3.38, b).

Când nivelul apei în amonte, pe canal, continuă să crească depășind cotele de reglare ale modulului, diferența de debit ( $Q_e - Q_s$ ) se descarcă lateral prin B, în bazinul compensator (v. linia „b” din fig. 3.38, b).

În acest caz clapetul din C poate fi evitat, dacă descărcătorul B are adâncime suficientă, în raport cu bazinul, pentru a permite revenirea apei în canal, după trecerea scurgerilor mari.



**Fig. 3.38.** Echipamente cu organe simple de reglaj, pentru bazinul compensator: a – amplasarea bazinului în derivație; b – modulul cu mască; c – vana AVIO; d – vana cilindrică.

– Pe canal, în A (fig. 3.38, a, c) se amplasează, pe lângă modulul cu mască, în fața acestuia, și o vană cu nivel aval constant (tip AVIO, la orificiu, sau tip AVIS, la nivel liber), când nivelul apei înscrie fluctuații (creșteri) ce depășesc posibilitățile de reglaj chiar a celor mai mari module tip L, C cu 1 și 2 măști).

În acest caz, diferența de debit ( $Q_e - Q_s$ ), la niveluri ridicate, va fi tranzitată, similar cazului anterior „b”, în bazinul compensator.

O variantă a aceleiași soluții (c) o înscrie și amplasarea în A, în fața modului, a unei vane de tip cilindric (fig. 3.38, d), care, spre deosebire de vana AVIO, prezintă o mare facilitate de a ajusta nivelul de apă aval reglat, cu diferite valori (după scările echipamentului).

În *categoria a doua* (2) se înscrie echipamentul Neyrtec denumit DEBIVAR (realizat prin adăugarea la o vană a unui servomotor și a unui sistem de măsură și reglare).

Grație unui microprocesor acest sistem poate asigura, în totalitate sau parțial, următoarele funcții; măsurarea debitului (1), reglarea nivelului (2), limitarea debitului (3) și teletransmisia (4):

1. Prin traductoare se stabilește poziția nivelului amonte și aval; printr-un detector de poziție se fixează gradul de deschidere al vanei; iar cu aceste date DEBIVAR-ul calculează și afișează debitul, idem volumele.

2. Cu ajutorul unei tastaturi instalate pe panoul DEBIVAR-ului se pot introduce valorile cele mai convenabile pentru constantele de proporționalitate, de integrare sau de întârziere, care vor permite sistemului de a regla, cu o funcționare stabilă, nivelul amonte sau nivelul aval sau diferența între aceste două niveluri.

3. Se poate afișa pe DEBIVAR un debit limită care nu trebuie depășit și această funcție limitativă se poate suprapune celor două funcții precedente (1) și (2).

4. Prin interconectarea DEBIVAR-ului la o linie telefonică se poate, dintr-un post de execuție îndepărtat, să se trimită informații pentru schimbarea consemnelor de nivel sau de debit. De asemenea este posibil de a trimite la acest post informații asupra valorii debitului sau nivelului.

Pentru acționarea DEBIVAR-ului este necesară o sursă de energie (de ordinul zecilor de Watt), idem pentru acționarea vanei dacă autoreglarea hidraulică nu este suficientă.

În categoria a treia (3) se încadrează sistemul de reglare cen-

tralizată, comportând diferite trepte, specific marilor rețele.

În cadrul reglării centralizate, reglarea locală începe să ocupe loc de frunte, în ideea asigurării „pe loc” a funcțiilor de măsurare și reglare simplă.

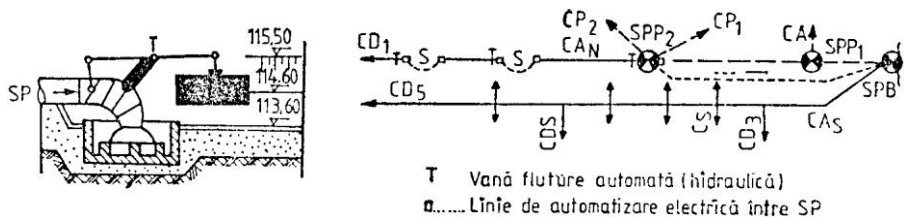
### 3.4. PRINCIPII DE AUTOMATIZARE A SISTEMELOR DE IRIGAȚII DIN ROMÂNIA. ANALIZĂ COMPARATIVĂ

Automatizarea multor sisteme de irigații din țară este de *tip local-hidraulică* (Jegălia, Sinoe, Mahmudia, Mostiștea etc.). În alte cazuri, automatizarea hidraulică se completează cu informațiile de nivel teletransmise între stațiile de pompare, ca de exemplu în sistemul Tecuci – Terasa Nicorești (fig. 3.39).

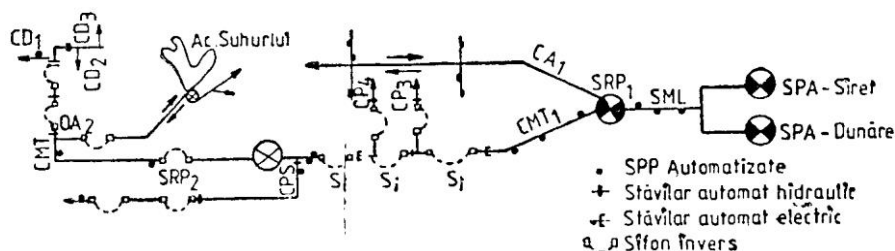
2. În sisteme mai complexe (Ex. SI Covurlui – 190 mii ha în terase izolate), cu canale lungi și funcționare reversibilă, cu sifoane inverse ( $h = 3-6$  m) și acumulări tampon cu rol de uniformizare a debitului pe aducțiuni, *automatizarea este locală hibridă*, cu stavile hidraulice de tip T și D și cu electrostavile (ex. tip „or-gă”) și centralizare la SP (fig. 3.40).

3. Cea mai semnificativă realizare din România din punct de vedere al concepției și gradului de automatizare este constituită de Sistemul de irigații Olt – Călmățui (circa 47 mii ha irigate), v. figura 3.15.

Automatizarea este modernă, complexă, de tip electric local cu centralizare (la post dispecer) pe bază de calculator electronic de proces în sistem on-line, ce controlează posturile locale de automatizare, dispuse pe lângă fiecare stație de pompare (ce sunt dotate cu calculatoare analogice). Automatizarea locală pe biefurile rețelelor CA<sub>1-4</sub> și CD<sub>1-9</sub> (fig. 3.41) este realizată



**Fig. 3.39.** Schema automatizării cu stații de pompare (Tecuci)



**Fig. 3.40.** Schema automatizării hibride (Covurlui)

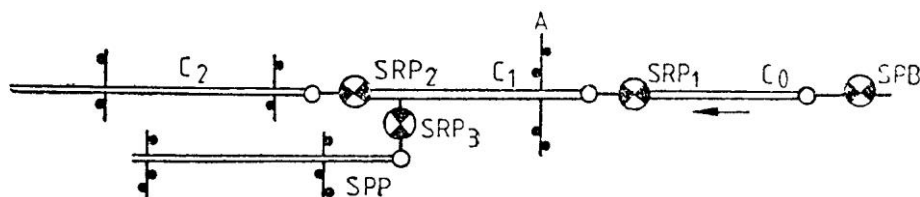


Fig. 3.41. Schema rețelei sistemului Olt - Călmățui

cu electrostabile de tip Ditzler ce funcționează pe principiul „stocaj și distribuție”, făcând un reglaj cu trei priorități de acționare, (două benzi locale de nivel și una centralizată de debit). Alimentarea CA se face discret, prin trepte egale de debit, iar alimentarea CD se face continuu. SRP sunt automatizate pe bază de debite, și niveluri, fiind conectate prin liniile de telecomandă și telecontrol la dispecerul central, SPP sunt automatizate local pe bază de presiune (pompa 1) și debite (pompele 2...n), fiind dotate cu un sistem de telemetrie ce informează centrul dispecer periodic sau la cererea acestuia (prin semnale digitale codificate).

*Calculatorul analogic local* afișează: volumul de apă pompat, presiunile pe refulare, nivelul la aspirație, categoriile de avarii; în caz de pericol acționează prin telecomandă locală stăvilele de pe canale.

*Calculatorul central de proces* are funcții complexe: centralizează și stochează informațiile primite de la posturile locale, prelucrează și selectează datele, determină prin telecomandă pornirea/oprirea SPP și SRP și alege regimul de lucru, compară debitele consumate cu restricțiile inițiale și decide acționarea prin telecomandă a electrostabilelor de pe canale în banda 3 intermediară (de debit) prin intermediul calculatorului analogic local de la SPP.

*Rețeaua de telemetrie* exterioară digitabilă, cu divizarea timpului, asigură colectarea și transmiterea datelor la dispecer.

*Centrul dispecer* este dotat cu un pupitru de comandă (prevăzut și cu dispozitive înregistratoare), un tablou sinoptic al schemei hidrotehnice și un panou de afișare.

Un operator uman supraveghează de la pupitru

întregul sistem, eventual acționând comanda manuală prioritară.

În soluția propusă a Sistemului de Irigații din centrul Podișului Moldovei (v. fig. 7.4), complexitatea schemei hidrotehnice pe terenuri în pantă (coline și dealuri) și specificul său, determină gradul de automatizare adoptat

„automatizare complexă, cu tendințe de *automatizare completă*”, precum și modul de livrare a apei, bazat pe principiul „la cerere, cu restricții periodice”.

Automatizarea schemei este deci de tipul „cu centralizare de sistem dispecerizat” care ține sub control planificarea apei în întregul sistem și funcționarea tuturor obiectivelor interesate în consumarea apei.

Pentru aceasta, s-a prevăzut înființarea unui post dispecer central (PD) în centrul de greutate al amenajării, echipat cu calculator de proces și un număr de 59 posturi locale de dispecerizare (PDL), constituite pe lângă micro-hidrocentrale (fig. 3.42).

Automatizarea distribuțiilor se realizează în secțiunea frontală și nodul hidrotehnic de distribuție este echipat cu microhidrocentrală (11 HC). Aceasta îndeplinește funcții complexe de automatizare precum:

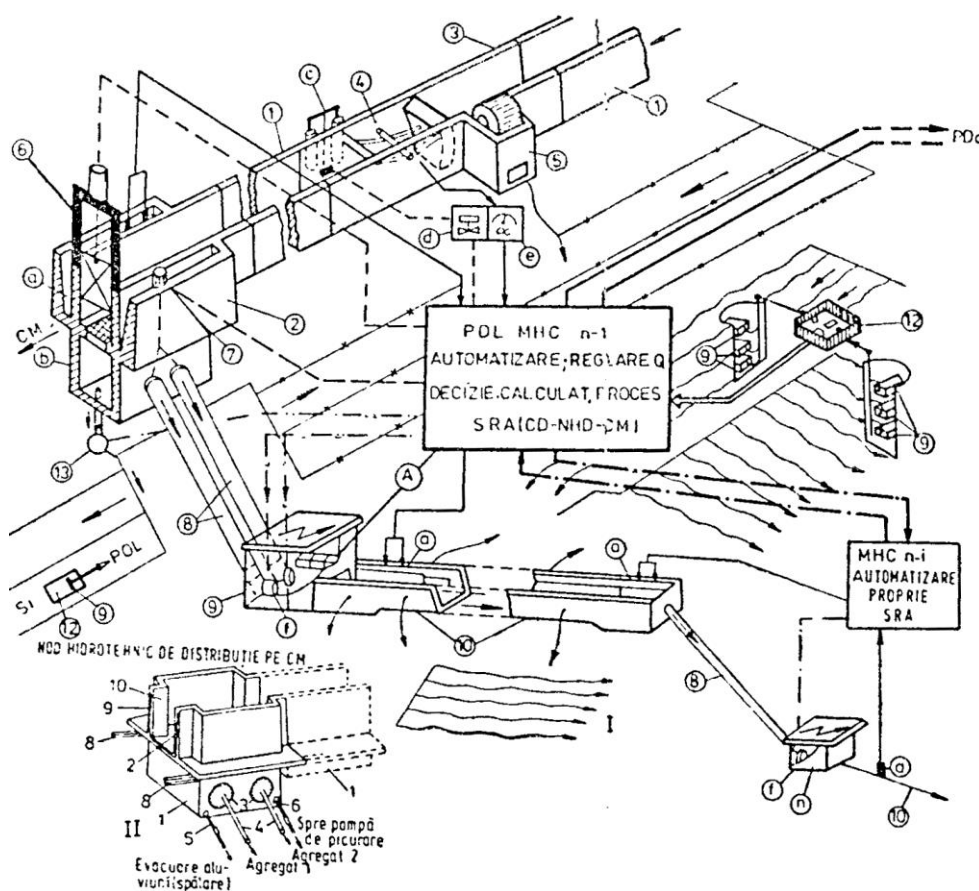


Fig. 3.42. Soluția de automatizare complexă prin MHC pentru distribuția apei și irigarea terenurilor în pantă (exemplu).

- reglarea debitului distribuției, în trepte, prin comandă electrică a aparatului director al turbinelor ce echipează MHC, folosind în acest scop sistemul propriu de automatizare al MHC;

- supercontrolul rețelelor de aducțiune-distribuție, având funcția de post dispecer local (PDL) în cadrul dispecerizării, deci fiind un intermediar între diverse obiective și dispecerul central;

- posibilitatea de realizare a automatizării totale (complete) prin racordarea suprafețelor irigate (parcelor de irigație cu diferite tehnici și metode) la sistemul de automatizare propriu al MHC.

Pe baza semnalelor transmise de dispozitivul de măsură a stării de umiditate a solului (sau altor metode) – din dotarea platformei hidrometeo amplasate în cadrul unor suprafețe irigate bine delimitate (condiții tehnice etc.) – la sistemul de automatizare al MHC – P.D.L. microcalculatorul din dotare analizează situația

în raport cu toți ceilalți factori locali sau globali (niveluri maxime-minime, consumuri, stocate, cerințe ale altor consumatori etc.), se consultă cu centrul dispecer (care poate interveni și în sens direct), emite decizia (sau adoptă decizia dispecerului central) și comandă pornirea – oprirea udărilor prin deschiderea – închiderea automată a turbinelor (alegerea regimului de funcționare optim) și deci admisia – întreruperea debitului în distribuție.

Automatizarea în lungul distribuției complexe este asigurată tot de către microhidrocentrale (fără personal de supraveghere) amplasate la căderile de pe traseu, care sunt racordate la sistemul de supercontrol, cu P.D.L. Distribuțiile mai simple sunt automatizate hidraulic clasic, cu comandă din aval sau mixtă. Racordarea biefurilor rețelelor deschise prin diferite construcții sub presiune (galerii, sifoane), trebuie să includă obligatoriu o cameră de echilibru, echipată pentru reglare și control corespunzător situației.

# ROLUL AMENAJĂRILOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE ÎN DEZVOLTAREA ȘI SISTEMATIZAREA HIDRAULICO-AGRARĂ ȘI AGROINDUSTRIALĂ A TERITORIULUI – CERINȚE, PRINCIPII, STUDII, TEHNICI

Prin implicațiile – economice, tehnice, sociale și ecologice – pe care irigațiile și drenajele le au asupra întregului teritoriu pe care își exercită influența, este obligatoriu ca la fixarea soluțiilor să se trateze problema global, interdisciplinar.

Din vasta problematică interdisciplinară în acest capitol – corespunzător titlului – se vor prezenta trei aspecte legate de:

- problema demografică, prin cerințele agroalimentare, și evoluția amenajărilor de irigații și drenaje (cu referiri la scară mondială), subpct. 4.1

- probleme ce se cer a fi rezolvate în cadrul planurilor de amenajări complexe teritoriale, valorificând schemele hidrotehnice (hidraulico-agrare), în care irigațiile și desecările au rol dominant, subpct. 4.2;

- corelarea și adaptarea soluțiilor de irigații și desecări la cerințele de organizare și sistematizare a teritoriului, cu reliefarea căilor de reducere a suprafețelor ocupate de amenajări (drumuri, acumulări, canale ș.a.), subpct. 4.3.

## 4.1. CERINȚE AGROALIMENTARE ȘI EVOLUȚIA AMENAJĂRILOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE

### 4.1.1. PROBLEME DEMOGRAFICE, CERINȚE, RESURSE

Producția alimentară se bazează și continuă să se bazeze pe agricultură. Toate eforturile ultimelor decenii de a se găsi resurse suplimentare de alimente, folosindu-se de exemplu proteinele oceanelor, nu au înregistrat incidente sensibile asupra producției alimentare mondiale.

Ritmul rapid de dezvoltare demografică a globului continuă să orienteze în principal eforturile spre creșterea producției primare a biomasei vegetale și respectiv asupra producției animale.

Atingerea acestor obiective implică o foarte bună valorificare și a solului și a apei prin măsuri de irigații-drenaje și combaterea viiturilor.

După publicațiile F.A.O., la sfârșitul secolului XX, populația globului număra peste 6 miliarde locuitori (tab. 4.1). Aceste date evidențiază ritmul extrem de rapid în care crește populația țărilor în curs de dezvoltare din Africa, Orientul Apropiat, America Latină și Extremul Orient, care a depășit în anul 2000 3,5 miliarde locuitori (deci o creștere de 1,6 miliarde față de 1975). În această ipoteză, apare necesitatea unei suplimentări anuale de 1.230 miliarde calorii, pentru un consum mediu de 2.700 calorii pe zi și persoană.

Asigurarea acestui necesar de produse alimentare constituie una din marile și importante sarcini ale umanității, la care contribuția amenajărilor de irigații și drenaje este determinantă.

Creșterea producției agricole se poate realiza pe cele două direcții: extensivă, crescând suprafețele terenurilor cultivate și intensivă, intensificând producția

**Tabelul 4.1.** Populația globului (FAO)

	1963	1975	1980	1990	2000	Perioada			
						1963 la 1975	1980 la 1990	1990 la 2000	1980 la 2000
						Milioane		Procentaj anual	
<i>Populația totală a globului</i>	3.151	3.909	4.339	5.185	6.079	1,0	1,8	1,6	1,7
<i>Țări industrializate</i>	1.000	1.121	1.100	1.259	1.343	0,9	0,8	0,6	0,7
<i>China</i>	085	839	908	1.031	1.148	1,7	1,3	1,1	1,2
<i>Țări în dezvoltare</i>	1.444	1.971	2.233	2.854	3.539	2,6	2,5	2,2	2,3
<i>Africa</i>	231	325	374	501	671	2,0	3,0	3,0	3,0
<i>Extremul Orient</i>	851	1.138	1.277	1.592	1.901	2,5	2,2	1,8	2,0
<i>America Latină</i>	227	319	300	175	602	2,8	2,6	2,4	2,5
<i>Orientul Apropiat</i>	133	189	217	286	366	2,7	2,8	2,5	2,0

specifică (la ha). În funcție de condițiile economice, tehnice, sociale, poate domina una din cele două căi, sau în aceeași zonă, paralel cu prima soluție (extensivă), se adoptă și soluția a II-a (de intensificare a producției pe terenurile aflate deja în cultură și chiar cu schimbarea modului lor de folosință).

Prima soluție, numită și „expansiunea orizontală”, se poate aplica în regiunile cu mari suprafețe de terenuri neluate în cultură („noi”), ca de exemplu în America Latină și în Africa. A II-a soluție, numită și „dezvoltarea verticală”, constă în intensificarea producției agricole existente, prin aplicarea unei game largi de măsuri – cu caracter agro-fitotehnic (îngrășăminte, hibrizi vegetali foarte productivi, protecția vegetației ș.a.) și cu caracter hidrotehnic (irigații, deseări-drenaje, protecția contra viiturilor etc.). Dacă în țările industrializate terenurile agricole sunt valorificate intens, în țările în curs de dezvoltare există încă importante rezerve de teren ce pot fi utilizate (tab. 4.2).

**Tabelul 4.2.** Rezerve de terenuri luate în cultură până în anul 2000

Zona	Rezerve de teren potențial arabil	
	milioane ha	% din total
90 de țări în curs de dezvoltare în:	838	47
Africa	382	60
Extremul Orient	57	16
America Latină	363	56
Orientalul Apropiat	37	28

Sursa: FAO, Roma, 1979

La aceste mari rezerve de teren potențial agricol, se adaugă totodată și măsurile de „dezvoltare verticală”, măsuri mult aplicate în țările dezvoltate și care se referă îndeosebi la regularizarea regimului hidric și nutritiv al solului. Acestea sunt măsuri fundamentale; irigațiile, drenajele, protecția contra viiturilor, alimentarea cu apă a agriculturii, lupta contra maladiilor transmise prin apă, protecția mediului cu menținerea echilibrului ecologic, făcând parte dintre aceste măsuri ce asigură o bună gospodărire a apelor și solului, conduc la obținerea de recolte abundente, regulate, de calitate superioară.

În politica dezvoltării agriculturii – în orice zonă a globului – fie pe orizontală, fie pe verticală, fie în ambele soluții, irigațiile și drenajele vor fi factori decisivi, mijloace fundamentale în creșterea producției agricole.

## 4.1.2. EVOLUȚIA IRIGAȚIILOR ȘI DRENAJELOR

### 1° Dezvoltarea cantitativă a irigațiilor

Proгноza evoluției, până în anul 2000, a amenajărilor de irigații, înscrie cifre mult diferite, de la o sursă la alta. Bunăoară, I. Zonn (Holy și Framji, 1977, CIID), fundamentează ipoteza dezvoltării irigațiilor în perioada 1950-1975, prevede că în anul 2000, pe glob, vor fi irigate aproximativ 500 milioane ha.

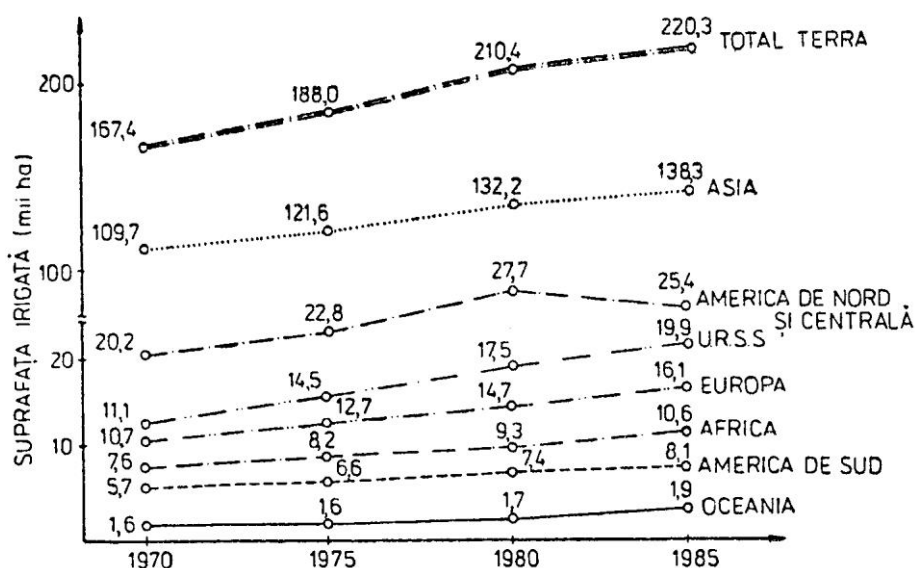
Prevederile FAO, bazate pe prognoza CIID, care cumulează datele țărilor membre (ce dețin cele mai mari suprafețe irigate pe glob), înscriu date mai modeste: 300 milioane ha, pentru anul 2000 și 220 milioane ha până în 1985 (fig. 4.1).

Dezvoltarea efectivă a irigațiilor depinde de situația economică mondială și de nivelul investițiilor, de capitalul disponibil pentru realizarea proiectelor de irigații.

La scara globului, creșterea virtuală a suprafeței brute cultivabile, urmare a dezvoltării irigațiilor, se evaluează la 1 110 milioane hectare, față de suprafața totală cultivabilă de 5 560 milioane ha (din care 4 450 milioane ha reprezintă suprafața brută cultivabilă fără irigații).

Suprafața totală irigabilă pe glob (în afara zonelor tropicale umede), dispunând de apă, reprezintă 947 milioane ha, din care în 1985 erau irigate aproximativ 220 milioane ha (v. fig. 4.1).

În tabelul 4.3 se prezintă (după Anuarul FAO, 1987) primele 10 țări cu cele mai mari suprafețe irigate, iar în tabelul 4.4 se prezintă (după Anuarul FAO 1987) țările cu cele mai mari suprafețe irigate pe locuitor.



**Fig. 4.1.** Dezvoltarea irigațiilor în perioada 1970-1985 în lume (Anuar FAO 1987, prelucrare I.C.I.T.I.D.).

**Tabelul 4.3.** Țări cu cele mai mari suprafețe irigate pe locuitor (1986)

Țara	Populația (mil. locuitori)	Suprafața irigată (mii. hectare)
China	814.280	44.653
India	574.220	44.350
U.R.S.S.	250.900	20.467
S.U.A.	210.404	18.102
Pakistan	66.750	10.146
Iran	31.300	5.740
Mexic	54.300	4.900
România	23.000	3.740 (anul 1989)
Spania	35.175	3.220
Italia	54.414	3.020

**Tabelul 4.4.** Țări cu cele mai mari suprafețe irigate (1986)

Țara	Suprafața irigată (mii ha/locuitor)
România	0,163
Pakistan	0,152
Afganistan	0,145
Bulgaria	0,144-
Grecia	0,125
Spania	0,092

În figura 4.2 se prezintă dinamica irigațiilor în țara noastră și cu evidențierea caracterului zonal.

Evoluția irigațiilor înscrie salturi considerabile: de la 20 mii ha în 1945 la 731 mii ha în 1970, la 2.301 mii ha, în 1980 și la 3.740 mii ha în 1989.

## 2° Dezvoltarea calitativă a irigațiilor

Probleme legate de forța de muncă în agricultură, criza energetică și distribuția surselor de apă, impun o revizuire a tehnicilor și metodelor de irigat.

Metodele de irigații tradiționale se ameliorează, metodele noi se pun la punct pentru a se aplica eficient fie pentru substituirea unor procedee vechi, fie pentru aplicarea diferențiată.

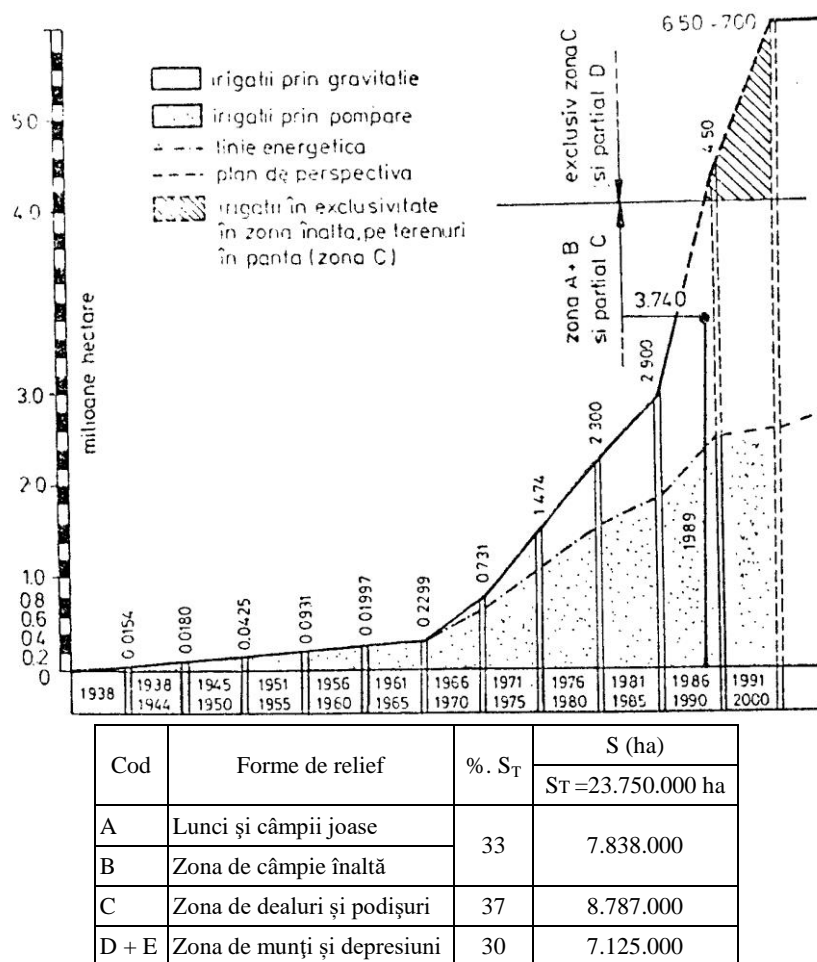
a) Printre procedeele tradiționale, metodele de irigare prin *scurgere la suprafață* se utilizează cu succes în lumea întreagă, din vechi timpuri și continuă să prevaleze, în condiții extrem de variate. Aceste metode sunt

simple și mai puțin scumpe. Cu timpul, această tehnică a suferit, în diferite zone și țări, modificări în funcție de condițiile locale și de nivelul tehnologic.

Metodele tradiționale prezintă unele avantaje legate de consumul redus de materiale și energie, dar în condițiile unor terenuri nivelate insuficient, solicită forță de muncă mare, concomitent cu creșterea pierderilor de apă – prin evaporație, pe rețeaua de transport și prin infiltrații pe terenul irigat, ajungând la randamente de 50-80%.

În cazul modernizării acestor tehnici (transportul apei prin: jgheaburi, conducte, canale impermeabilizate și cu perdele de protecție; distribuția apei prin: brazde și fâșii cu lungimi mari, pe terenuri bine nivelate și drenate, dacă este necesar; cu echipamente ce permit contorizarea și chiar distribuția automatizată a apei la brazde, fâșii și parcele ș.a.), randamentul – eficiența irigației – poate atinge valori comparabile cu cele mai noi și perfecționate procedee, atât din punct de vedere al consumului de apă, cât și al forței de muncă. În plus, aceste tehnici reclamă consumuri reduse de energie și materiale de construcții.

b) *Irigarea prin aspersiune* permite o distribuire

**Fig. 4.2.** Dinamica suprafețelor irigabile în România cu evidențierea caracterului zonal



uniformă și eficace a apei, putând fi utilizată în cele mai diverse condiții climatice și cu o orografie variată. Eficacitatea aspersiunii se reduce când viteza vântului și temperatura cresc.

Cu privire la consumul total de apă, inclusiv pierderile (prin evaporație, infiltrație și scurgere), specialiștii au opinii diverse. Astfel, la Congresul al IV-lea de Irigații și Drenaje (1964) s-a menționat că aplicarea udărilor cu „mult discernământ” reduce diferențele de consum la ha, între cele două metode (scurgerea la suprafață și aspersiunea), iar în cazul unor temperaturi atmosferice ridicate, cu umidități relativ scăzute, aspersiunea poate înregistra pierderi de apă mari prin evaporare. La Congresul al XI-lea de Irigații și Drenaje (1981), s-a desprins, din lucrările unor specialiști, ideea că irigarea de suprafață asociată cu automecanizarea poate fi tot atât de economică și eficace ca și aspersiunea. Din practică a rezultat că într-o serie de cazuri pierderile sunt, în general, mai mici la aspersiune (M. Holy, 1981). În cazul automatizării integrale, aspersiunea poate atinge eficiența de 90%, putând distribui concomitent cu apă, îngrășăminte și pesticide, de asemenea se poate folosi ca protecție antigel.

c) *Irigarea localizată* cuprinde sisteme fixe de distribuție a apei cu presiune mică: de suprafață (prin picurare), sau subteran (cu rampe perforate, în brazde). Prin administrarea apei direct la plantă, sub formă de doze mici, continui sau fragmentate, cu scopul de a se evita umezirea întregii suprafețe, se fac economii considerabile de apă și energie, se conservă structura solului, se reduce evapotranspirația, se asigură un control riguros al aplicării udării. Eficiența acestei tehnici de udare este maximă, comparativ cu cele anterioare.

Cercetările asupra perfecționării tehnicilor și metodelor de irigat continuă să preocupe specialiștii din domeniu.

La Viena, în 1979, sub egida UNESCO, s-a desfășurat Conferința cu tema „Fapte noi privind cercetarea și tehnologia în materie de gestiune a irigațiilor și drenajului” (Holy și Framji, 1979), cu care ocazie s-a evidențiat necesitatea continuării cercetărilor, atât pentru metodele de irigații tradiționale, cât și pentru cele mai noi, ambele grupe prezentând aspecte pozitive și negative, care se reduc sau și amplifică în funcție de condițiile și tehnologiile de aplicare. Recomandările de cercetare, făcute la această consfătuire internațională, privesc:

1. Principalii parametri ai celor două grupe de metode de irigații:

- eficacitatea și omogenitatea udării;
- uniformitatea repartiției umidității în sol;
- cerințele de brațe de muncă;
- raportul dintre productivitate și costuri.

2. Condițiile optime și structurile operaționale economice, termenele de funcționare și costurile, pentru cele trei grupe de metode (vechi, tradiționale și noi), insistându-se asupra metodelor noi, care cu toate avantajele ce le prezintă (ca ușurință în amenajare), înscriu dificultăți mari legate de consumul de energie, unele materiale, de construcții ș.a.

3. Eforturile și căile prin care se ridică eficacitatea sistemelor de suprafață automecanizate, făcându-le comparabile și chiar superioare metodelor moderne. Cercetările vizează: ameliorarea concepției și funcționării, îndeosebi avansul și reculul apei (în brazde), infiltrația, geometria elementelor de udare (forme, lungimi, pante ș.a.), rugozitatea (solului, vegetației ș.a.), astfel ca debitul necesar pentru asigurarea adâncimii de udare dorită să conducă la uniformitate și eficiență (a udării).

Metodele de suprafață reclamând un volum mai mare de forță de muncă, cercetările urmăresc găsirea mijloacelor și procedeele pentru reducerea personalului muncitor.

4. Cu privire la aspersiune, deși prezintă eficacitate mai ridicată, sunt necesare încă importante intervenții, prin cercetare, pentru creșterea acesteia, pe seama ameliorării echipamentelor.

Măsurile care privesc uniformitatea pulverizării apei, concepția aspersoarelor și duzelor, automatizarea aspersiunii prin telecomandă, reducerea consumului de energie, sunt căi de creștere a eficienței aspersiunii.

5. Pentru sistemele de irigații localizată, cu exigență sporită față de condițiile și personalul de exploatare specializat, cercetările trebuie să conducă la: evitarea obstruării tuburilor și picurătoarelor, a acumulării sărurilor în bulbul de umectare, la reducerea costului echipamentului, la fixarea unor criterii pertinente, care să permită selecționarea procedeele și normalizarea materialelor – atât de diversă pentru aceste metode.

Se impune pentru acest domeniu aprofundarea studiilor atât pe plan teoretic – și îndeosebi hidraulic, cât și practic.

6. Eficacitatea relativă a diferitelor metode de irigație – tradiționale sau noi – trebuie să se refere și la caracteristicile solului, climei, hidrogeologiei, condițiilor locale ș.a., care pot modifica radical termenii de comparație și performanțele unei metode față de alta.

Și la alte consfătuiri și congrese internaționale sau locale de specialitate, problema tehnicilor și metodelor de irigat se situează pe primul plan, tocmai datorită penuriei de brațe de muncă în agricultură, crizei energetice și a deficitului de materiale. Tematica primului Simpozion de îmbunătățiri Funciare (București, 1985) a înscris asemenea probleme.

Ținând scama de considerentele de mai sus, ce

impun revizuirii de poziții față de consumul de energie, apă, forță de muncă și materiale deficitare (inclusiv energointensive), trebuie totuși să se adopte cu mult discernământ tehnicile și metodele de irigat, acestea având rol capital în eficiență, dar și în protecția solului.

În tehnica mondială se întreprind ample studii în acest sens, de către o serie de instituții și organizații; și în țara noastră.

Evoluția metodelor de irigații cu desfășurarea programelor de cercetare în domeniu reflectă cele două realități subliniate deja:

- lipsa de brațe de muncă în agricultură, necesitatea ameliorării condițiilor de muncă;

- evoluția crizei de energie și a unor materiale.

Aceste situații au promovat: mecanizarea proceselor de irigare și udare în cultura mare, îndeosebi pentru porumb; dezvoltarea sistemelor de aspersiune fixe – în anumite grade de automatizare și perfecționarea sistemelor de micro-irigare, utilizate în arboricultură, în cultura de zarzavaturi și în culturi sub adăpost.

În toate situațiile, elaborarea proiectelor de studii și cercetări trebuie să înglobeze problemele energiei – irigarea prin aspersiune de exemplu, consumând enorme cantități de energie – nu numai pentru fabricarea echipamentelor, dar și pentru funcționarea sistemelor – trebuie reanalizată, în primul rând, pentru reducerea la minimum a acestui consum.

Cerințele în carburant, pe hectarul de teren irigat, variază cu înălțimea la care se pompează apa, cu pre-

siunea necesară în rețea, inclusiv cu cea necesară pentru distribuția apei pe teren, și se înscriu cifre medii evaluate (FAO, Stout, 1979), la 160 kg/ha în țările industriale și 200 kg/ha în Africa și Orientul Apropiat (tab. 4.5).

- Evoluția crizei energetice impune și pentru aspersiune găsirea unor sisteme și echipamente de irigat care să funcționeze cu mică și foarte mică presiune, chiar pentru cultura mare, în condițiile folosirii unei forțe reduse de muncă.

- În scopul economisirii la maximum a apei și a energiei pentru zonele cu mari deficite de apă (ex. zone deșertice), se studiază echipamentele automatizate de distribuție a apei, pentru toate tehnicile: suprafață, aspersiune, microirigație; CNABRL și CTGREF studiază și preconizează echipamente pentru irigarea la parcelă, vane volumetrice cu afișaj independent, dispozitive automate de distribuție a apelor uzate etc. Pentru cultura mare se întreprind ample studii în adoptarea celor mai eficiente echipamente de irigat – anurul situându-se pe primul loc (ICITID).

- Pentru reducerea consumului de energie în aspersiune se studiază noi echipamente de irigații de joasă presiune cu avansare linear continuă (rampe frontale), rampe pivot etc.

- Cercetările în irigații sunt îndreptate și asupra folosirii energiei solare: experimentări pentru micro-irigarea solară (în Landes) și experimentări pentru pompări cu energie solară (lângă Montpellier).

**Tabelul 4.5.** Date energetice relative la fabricarea și funcționarea echipamentelor de irigații

	Pentru fabricare		Pentru funcționare		Energie totală		Procente (din total pe zone mondial)	
	1972/1973	1985/1986	1972/1973	1985/1986	1972/1973	1985/1986	1972/1973	1985/1986
$10^{13}$ joule* (J)								
I. Țări industrializate din:	9,0	10,5	47,4	56,2	57,0	66,7	32,4	26,7
America de Nord	6,0	6,4	30,6	35,6	36,6	42,0	20,8	16,8
Europa Occidentală	2,8	3,0	12,7	15,4	15,5	18,4	8,8	7,4
Oceania	0,2	0,3	1,1	1,4	1,3	1,7	0,7	0,7
II. Alte țări industrializate	0,6	0,8	3,0	3,8	3,6	4,6	2,1	1,8
III. Țări în curs de dezvoltare din:	11,9	21,3	56,7	100,8	68,6	122,1	39,0	48,8
Africa	0,2	0,6	1,0	2,5	1,2	3,1	0,7	1,2
America Latină	1,0	2,6	4,5	11,1	6,1	13,7	3,5	5,5
Orientul apropiat	5,7	10,4	25,1	44,3	30,8	54,7	17,5	21,9
Extremul Orient	4,4	7,7	26,1	42,9	30,5	50,6	17,3	20,2
IV. Țări cu economii planificate din:	7,2	9,8	43,3	51,5	50,5	61,3	28,6	24,5
Asia	4,2	5,6	31,1	33,9	35,3	39,5	20,0	15,8
Estul Europei	3,0	4,2	12,2	17,6	15,2	21,8	8,6	8,7
Pe glob	28,7	41,0	147,4	208,5	176,1	250,1	100,0	

1 J =  $10^7$  erg (în sistemul MKSA).

### 3° Dezvoltarea cantitativă și calitativă a drenajelor

Excesul de apă, permanent și temporar, ca și deficitul de apă, reprezintă cauze ale prezenței întinselor suprafețe de teren necultivate sau cu producții scăzute.

Eforturile pentru stăpânirea și dirijarea apelor, pe aceste terenuri, prin măsuri de drenaje, înregistrează diverse stadii în țările cu asemenea preocupări, în unele zone agro-economice amenajările de drenaj ating ritmuri anuale și de 10-15% din suprafața agricolă utilă.

Punerea în valoare a terenurilor drenate, atât în timpul amenajărilor, cât și după drenaj, impune cercetării un ritm, o organizare și o tematică de studiu, care implică angajarea unor institute și organizații de profil (institute de cercetări, de învățământ superior, stațiuni și laboratoare, asociații, centre de mașini etc.).

Tematica include problematica legată de: metodologia studiilor (a), tehnologia drenajului (b) și valorificarea agricolă (c).

a) *Metodologia studiilor* se referă la: sectoarele de referință, hidrologie și hidrodinamică.

– Sectoarele de referință se aleg în scopul reducerii cheltuielilor și costurilor prospecțiunilor pentru aceeași calitate de informații.

După condițiile geografice, climatice, pedologice și umane, o mică unitate naturală poate fi optim reprezentată printr-o zonă acoperind 3-5% din S.U.A. respectivă.

Prospecțiunile detaliate – cu descrierea profilelor și analizele cu determinările hidrodinamice etc. – sunt limitate la sectorul de referință, care permite să se dea pentru fiecare unitate naturală (sau de sol) caracteristicile principale ale tehnicilor și tehnologiilor de drenaj și de lucru.

– Hidrologia. Studiile hidrologice urmăresc să stabilească soluțiile și dimensiunile constructiv funcționale ale amenajărilor hidrotehnice cu rol drenant (rețea de drenaj, colectoare, guri de evacuare, emisar, instalații etc.), precum și să precizeze riscurile inundațiilor îndeosebi pentru terenurile mai joase.

Impactul drenajului asupra mediului natural privește în principal rețeaua hidrografică, cu structura sa cantitativă și calitativă.

Drenajul jucând un rol pozitiv – atenuant, modulator – al scurgerilor mari, al viiturilor, studiul acestora, al bazinului versant în general, trebuie întreprins cu mult discernământ. Studiile vizează în general bazine – unități naturale de talie medie (1.000 la 2.000 ha). Metodele de prelucrare și interpretare a datelor trebuie să ia în considerare unele aspecte ca: modele de drenaj, transfer de unde în emisari, precum și pe cele probabilistice (componente climatice, estimarea riscurilor la diverse regimuri pluviometrice).

– Dinamica apelor drenate. Problema atât de complexă și de dificilă a studiilor și luării în considerare la proiectarea drenajului, a regimului hidric al solurilor eterogene anizotrope saturate, își găsește rezolvarea prin adoptarea conceptului de conductivitate echivalentă  $K$ , care se introduce în formulele drenajului, cu aceeași ușurință ca și în cazul conductivității hidraulice a solului omogen.

Acest concept permite de a integra, printr-un procedeu matematic simplu, diferitele valori luate prin conductivitatea de-a lungul profilului pedologie vertical, pornind de la rezultatele măsurătorilor.

În afara explicării poziției curbilor de desecare – drenaj, obținute în solurile complexe, acest concept își găsește aplicații practice în aprecierea efectelor subso-lajului, din punct de vedere al randamentului hidraulic al rețelelor și în extinderea studiilor pe teren, prin metoda puțurilor și piezometrelor, pe solurile pedologice evaluate și diferențiate.

Măsurătorile automate piezometrice continue permit punerea la punct a unui procedeu specific prin care se pot studia calitativ vârful de debit măsurate pe rețelele experimentale. Rezultă că deformarea pânzei (curba de depresie) răspunde ipotezei respective, atât cât vârful acesteia nu atinge stratul de la suprafață.

Sub efectul ploilor intense această curbă are tendința de a se apropia de o formă quasiorizontală, în baza unui transfer de infiltrație spre „tranșee” – dren.

Vârful de debit rezultă din trei componente: scurgerea în masa solului, mai mult sau mai puțin importantă, valoarea conductivității, golirea la sfârșitul ploilor a „colțurilor” – penelor sprijinite pe drenuri și scurgerea captată prin tranșee.

Studiile experimentale sunt obligatorii pe solurile eterogene pentru departajarea mai corectă între aceste trei componente și în final pentru fixarea soluțiilor de drenaj și a regimului de exploatare (a drenajului și a terenului drenat).

b) *Studiile asupra tehnologiei drenajului*, care până nu demult se refereau numai la drenuri și îmbrăcăminte acestora, sunt amplificate în prezent astfel încât încorporează ansamblul lanțului industrial de protecție a rețelei, inclusiv alegerea mașinilor și condițiile de exploatare stabilă.

Exploatarea în condiții optime a solurilor drenate, respectiv stabilitatea acestor soluri, fac necesară studierea – prospectarea prealabilă proiectării, a celor mai caracteristice aspecte și căi prin care se poate deteriora rețeaua de drenaj. Cercetările se întreprind în prezent, în țările cu preocupări intense în acest domeniu, pe cinci direcții, vizând în special protecția rețelei contra colmatării și asigurarea unui regim hidraulic de curgere corespunzător. Studiile se fac în teren sau pe

modele și se referă la: micromorfologia solului, micropiezometrie, gradient, condițiile fizico-chimice și bacteriene, stabilitatea hidraulică și echipamentele de execuție.

1. Pentru studiul micromorfologic al solului, se iau probe din tranșeea de drenaj, în scopul analizării eventualei material de colmatare. Se determină dinamica particulelor solide, se apreciază calitățile funcționale ale îmbrăcăminților filtrante, precum și viteza de obstruare a conductelor.

2. Micropiezometria urmărește să determine valoarea gradientului local, care poate depăși 5 (valoare apropiată gradientului critic pentru colmatare, prin fenomenul de „coadă de vulpe”).

Studiul se realizează pe un model redus, în care se plantează un număr mare de ace piezometrice, a căror extremitate este tratată special pentru a se evita colmatarea.

3. Studiul sistematic al cauzelor fizico-chimice de instabilitate, prin aprecierea popularii bacteriene a solului, a gamei de ioni ai argilelor (sodiu, magneziu), potențialului de oxido-reducere etc. Toate aceste determinări, împreună cu rezultatele obținute și în alte platforme experimentale și amenajări, pot defini metode de luptă eficiente și durabile contra colmatărilor.

Rezultate interesante au fost obținute în solurile sodice calcaro-magnezice și în solurile feroase, grație tehnicilor de gipsare sau de tratamente cu calcar, combinate cu o întreținere permanentă a rețelei.

4. Stabilizantii hidraulici (cimenturile) sau organici (polimerii), pot conduce într-o mare măsură la reducerea costurilor de investiții în măsurile de luptă contra colmatării, prin înlocuirea rambleelor poroase (prisme filtrante) cu acești stabilizanți\*.

Aceste procedee noi, ce completează studiul materialelor drenante, au fost deja incluse în normativul de specialitate.

5. Procesul de execuție mecanizată a drenajului comportă, de asemenea, studii sistematice, întrucât tehnologia de execuție intervine ca o componentă importantă în definirea eficienței și stabilității drenajului.

Cele două mari categorii de mașini de drenaj (pentru tranșee cu filtre și pentru galerii) prezintă diferențe sensibile de productivitate, mod de intervenție și rezultate asupra calității.

Studiile trebuie să reliefeze efectul utilajelor asupra mecanicii solurilor (gradul de fisurare, de permeabilizare, de nivelare etc.), durabilitatea echipamentului de tăiere, de subsolaj, de introducere a tuburilor și a filtrelor etc.

Rezultatele acestor analize comparative asupra

mașinismului se iau în considerare, alături de cele legate de stabilitatea și hidraulica drenajului, la definirea soluțiilor și eficienței drenajului.

c) *Studiile asupra valorificării agricole* a terenurilor drenate sunt, de asemenea, complexe – pluri-disciplinare, prin natura elementelor ce intră în analize, privind:

– parametrii de risc adoptați în proiectare (ploile și debitele de calcul, vitezele de coborâre a nivelului freatic);

– alegerea asolamentelor și rotațiilor, după aptitudinea varietăților vegetale ce valorifică optim terenurile drenate, cu insistență asupra dezvoltării culturilor energetic industriale (sfecla de zahăr etc.);

– organizarea întreprinderilor de exploatare a terenurilor drenate, cu reducerea cheltuielilor energetice și de forță de muncă, cu dezvoltarea lucrărilor de întreținere a permeabilității solului, a balanței hidro-saline și nutritive, prevăzute în proiectul amenajării.

Armonizarea investițiilor în amenajările de drenaj, cu rezultatele economice ale exploatarea agricole de pe aceste terenuri, este o sarcină prioritară a oricărui proiectant, care trebuie să-și fundamenteze soluția pe studii prealabile, ca cele indicate în acest subcapitol.

Tematica și metodologia de cercetare se fixează – pe lângă cerințele specifice fiecărui proiect, de drenaj – și după condițiile zonei respective și diversitatea ecologică a acesteia. Numai o cercetare corespunzătoare poate asigura o soluționare optimă în drenaj, cu rezultate sigure și rapide în exploatare.

## **4.2. PROBLEME DE REZOLVAT ÎN CADRUL PLANURILOR DE AMENAJARE COMPLEXĂ A TERITORIULUI, VALORIFICÂND SCHEMELE HIDROTEHNICE (HIDRAULICO-AGRARE), ÎN CARE IRIGAȚIILE ȘI DESECĂRILE AU ROL DOMINANT. STUDII**

Se scontează în economia mondială, a țărilor în curs de dezvoltare, că peste 40% din progresul ce se întrevide pentru agricultură se datorește aportului amenajărilor hidraulico-agrar (după P.M. Janet, 1981).

Scheme hidrotehnice ale marilor amenajări hidraulico-agrar se realizează adesea în perioade de timp îndelungat, putând depăși și 10 ani.

Fixarea soluției schemei hidrotehnice a amenajării teritoriale complexe trebuie să se fundamenteze pe o serie de criterii tehnice, economice și sociale, prin care să se asigure:

\* La Catedra de Îmbunătățiri Funciare din Institutul Politehnic Iași se studiază și tratarea tranșeelelor cu soluții de substanțe chimice stabilizatoare.

- buna gospodărire a apei și a fondului funciar, prin efectuarea tuturor categoriilor de amenajări hidraulice necesare în teritoriu și cu păstrarea echilibrului ecologic;

- suplețe, în scopul de a se putea adapta progresului tehnologic și cerințelor crescânde și diverse ale beneficiarilor;

- continuitatea în concepție;

- siguranța în execuție și exploatare;

- independența energetică și pe cât posibil cu producere de energie.

Din punct de vedere al organizării teritoriului agricol, este necesar să se asigure:

- condițiile pentru îmbunătățirea potențialului de producție al terenurilor slab productive;

- creșterea suprafețelor agricole pe seama terenurilor neproductive (sărături, nisipuri, halde de steril, bălți, ravene și torenți și chiar apa mării) și cu îmbunătățirea delimitării între fondul funciar agricol și forestier;

- reducerea suprafețelor ocupate de unele lucrări (canale, diguri, acumulări etc.), prin adoptarea unor noi soluții.

Grupele de studii, cercetări și analize pentru proiectarea schemei hidrotehnice a amenajărilor complexe, vizând atât agricultura (prin amenajările hidraulico-agrare), cât și celelalte sectoare ale economiei teritoriale (industrie, transporturi, energie, salubritate ș.a.) trebuie să conducă la cunoașterea corectă a problemelor legate de *resurse*, cât și de *cerințe*.

#### 4.2.1. STUDII PENTRU INVENTARIEREA RESURSELOR NATURALE ȘI A CERINȚELOR PENTRU AGRICULTURĂ

În această categorie se înscriu: resursele de teren și apă, precum și amenajările (echipările) cu caracter hidraulico-agrar.

##### 1° Pentru resurse de teren

Studiile au rolul de a determina capacitatea productivă a terenurilor, de a raiona și evalua grupele de amenajări și amendamentele necesare pentru obținerea producțiilor programate. Prognoza evoluției solurilor, în diverse condiții de exploatare, reprezintă principalele obiective ale studiilor pedologice și hidrogeologice (fig. 4.3). De asemenea, se prognozează prin studiile pedologice și geomorfologice și alte folosințe ale terenurilor: urbanism,

turism, exploatare industriale etc.

Pentru reducerea cheltuielilor cu colectarea și prelucrarea datelor de studii (geomorfologice, pedologice, geotehnice, hidrogeologice), s-au pus la punct în tehnica respectivă clasificări adoptate pe plan mondial, metode și prospecțiuni și chiar programe pe calculator (pentru înregistrare, prelucrare și analize de date). Se pot enumera programele GEOPROSP, GEOTRI, GEOVENTIL.

##### 2° Pentru resurse de apă

Studiile trebuie să determine volumele (de apă) disponibile în timp, calitatea acestora și condițiile de exploatare și eventual tratamentul necesar (desalinizare etc.).

Apa fiind elementul esențial, indispensabil în amenajarea hidraulico-agrară a teritoriului, prezența acestora se studiază în prima etapă, ca și terenul. În țările industriale apa nepoluată începe să lipsească; în țările aride și semiaride trebuie să se dispună de minimum 2.000 m<sup>3</sup> apă pe an pentru a se produce hrana unui singur om.

Studiile resurselor de apă sunt diferențiate după originea lor: precipitații, apă de suprafață, pânze subterane.

Cu datele de bază, obținute prin studii și cercetări de teren (măsurători, sondaje, analize etc.), se pot elabora și modele matematice necesare fixării soluțiilor.

Pentru definitivarea soluției care să garanteze perspectiva optimă de valorificare a resurselor, se studiază – prin simulări matematice – diferite scenarii de prognoză (privitoare la evoluția resurselor).

Cele mai frecvente eșecuri în realizarea marilor investiții, ce se fac pentru asigurarea surselor de apă, se



**Fig. 4.3.** Studii de teren geologice și hidrogeologice: a – amplasarea puțurilor hidrogeologice și a piezometrelor; b – înregistrator piezometric.

datoresc insuficienței datelor de bază și studiilor prealabile fixării soluției.

„Calcul de la sécheresse ou la sécheresse des cultures\*? (Seceta din 1976 a început în Franța din decembrie și s-a anunțat excepțională; nivelurile apelor freatice coborau, barajele hidroenergetice erau lipsite de apă și din ianuarie până la sfârșitul lui aprilie producția centralelor – HE – a coborât cu 21% în raport cu cea corespunzătoare anului 1975).

### 3° Pentru problemele agricole, zootehnice și agroindustriale

Studiile fixează oportunitatea amenajărilor – echipării, soluțiile și eficiența economică și financiară a investițiilor, inclusiv efectele sociale, mai greu de fixat, valoric.

– Zonele interesate la amenajări și echipări sunt analizate diferențiat pentru cazul când se găsesc deja în regim de exploatare sau prezintă terenuri noi.

– În fixarea soluțiilor pentru crearea de gospodării (ferme noi sau pentru modernizarea celor existente), se analizează, prin modele de simulare a evoluției, progresele probabile și efectul asupra diverselor activități legate de agricultură.

La fixarea planurilor de culturi se au în vedere aptitudinile mediului, precum și posibilitatea asigurării produselor.

La calculele de eficiență trebuie să se acorde importanța cuvenită și costul mijloacelor ce asigură producțiile, ca de exemplu amenajările de irigații, costul apei etc.

Pentru crearea și dezvoltarea de complexe zootehnice, trebuie să se țină seama că într-o serie de țări și zone regimul alimentar al populației este sărac în proteine animale, precum și faptul că randamentul pășunilor și hranei animalelor, exprimat în kg carne/ha este scăzut.

Într-o alimentație normală consumul de proteine variază între 40 și 100 g/zi/locuitor, în timp ce în țările bogate consumul de proteine animale ajunge la 70%, în cele sărace ajunge numai la 6%. În aceste țări, cu un șeptel scăzut, se obține o creștere anuală numai de 1 kg carne/ha.

Cele două repere (proteine și creșterea producției de carne la ha) sunt de reținut în studierea problemelor zootehnice pentru teritoriul supus amenajării. Pentru a face față cerințelor crescânde în proteine animale este necesar să se creeze condiții dezvoltării zootehnice.

În acest scop, studiile ce se întreprind pentru elaborarea planurilor de amenajare vor cuprinde informații, date și soluții pentru:

- caracterizarea grupurilor de animale și a condițiilor de dezvoltare optimă;
- caracterizarea pășunilor și fânețelor și a condițiilor de utilizare maximă;
- balanța alimentară, necesarul de suplimentare și căile indicate;
- alimentarea cu apă, existentă și prevăzută;
- adăposturi și condițiile igienico-sanitare;
- prelucrarea și valorificarea dejecțiilor, cu folosirea în special a apelor uzate în irigarea terenurilor;
- definirea măsurilor și căilor de transformare, depozitare și comercializare a produselor;
- prevederea bugetului de exploatare optimă a complexelor (credite, aprovizionări etc.) ș.a.

Un sector cu mare pondere în amenajarea hidro-ulico-agrară a unui teritoriu este cel agroindustrial, înțelegând prin această denumire consacrată pe plan mondial „orice exploatare intensivă de teren sau de șeptele care necesită un capital important în echipamente, construcții și uzine-fabrici de tratare și prelucrare”.

Complexele agroindustriale pot fi în unele situații atât de dezvoltate, încât unităților specifice de producție agricolă să le fie integrate industrii pregătitoare (producțiilor agricole) și prelucrătoare a acestor producții.

Sunt caracteristice în acest sens complexele agroindustriale de zahăr (culturile ce asigură materia primă, cu toate procesele tehnologice, întreprinderile proprii de prelucrare, căile de desfacere etc.), de lapte, spirt, amidon, bere, pește, carne ș.a., precum și fabrici de preparare a concentratelor pentru animale.

Pentru a se obține randamente maxime din aceste complexe, studiile prealabile trebuie bine întocmite. În afara studiilor obișnuite: hărți pedologice, hidrogeologice, geomorfologice, hidrologice, climatice, de vegetație etc. să se elaboreze și studii specifice pentru proiectele de alimentări cu apă, irigații, drenaje ș.a. Se pot enumera de exemplu studii pentru: conceperea unităților de producție, utilizarea subproduselor (pentru hrana animalelor, pentru energie, ca material de construcție etc.), comercializarea acestora, eficiența economică și financiară, programarea investițiilor ș.a.

### 4° Pentru protecția bazinelor versant contra eroziunii

Problemă inclusă în planurile de amenajări teritoriale, studiile ce se întocmesc pe ansamblul bazinului definesc:

- tipurile de lucrări pentru exploatarea terenurilor în pantă (terasare, regularizarea scurgerii prin măsuri hidro-ulico-agrare, retenții de debite solide, reîmpăduriri, acumulări colinare etc.);
- adaptarea măsurilor complexe antierozionale

\* Calculul secetelor sau seceta de calcule.

la specificul zonei climatice și al situației locale: măsuri agricole, forestiere, hidraulice și mixte;

- prioritatea în execuție a măsurilor care vor permite diminuarea debitelor solide: măsuri de amenajare pe zonele cele mai erodate, baraje de retenție, compartimente de colmatare, consolidarea malurilor, sistematizări, modelări-nivelări, cu astupări de formațiuni torențiale și alunecări etc.;

- diversificarea în proiectare și în tehnica punerii în operă a măsurilor de protecție a solurilor și a celor de refacere a solurilor ș.a.

La aceste studii și cercetări se adaugă:

- optimizarea gestiunii apelor de retenție pentru a minimiza depunerile;

- analiza socio-economică a diverselor soluții de amenajare, care permite elaborarea prognozei evoluției.

### 5° Pentru acumulările locale-colinare

Pentru aceste acumulări din lunci, frecvente în amenajările teritoriale, proiectul de dezvoltare trebuie precedat de un studiu de stare inițială, cu avantajele și riscurile posibile.

Pe lângă rolul regularizator al scurgerilor locale, de pe versanți sau din revărsările cursurilor de apă, aceste rezerve de apă (fig. 4.4) sunt folosite pentru: irigații, satisfacerea cerințelor domestice rurale, piscicultură, activități turistice, protecția contra incendiilor, preluarea viiturilor și protecția contra poluării.



**Fig. 4.4.** Lac colinar (Geignes) în cadrul amenajărilor hidraulico-agrară (se văd și măsurile diferențiate de protecție a lacului: benzi înierbate, benzi de protecție silvică, terasări, sistematizări teritoriale).

Când apele locale (subterane) sunt insuficiente, iar condițiile topografice nu sunt favorabile amplasării unor baraje mari, se recurge la acumulări colinare. Acestea au dimensiuni reduse și sunt create prin diguri din pământ.

Retenții de apă se pot face și în lungul durilor, prin îndiguirea unor zone favorabile din luncă, cu diguri de înălțimi mici, alimentate prin derivații în timpul viiturilor (și câteodată chiar prin pompare, la etiaj).

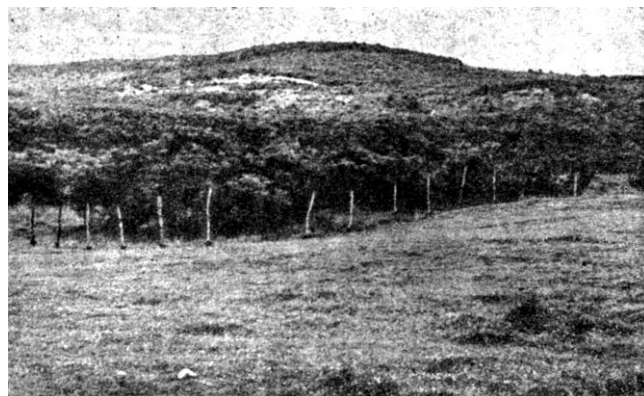
### 6° Pentru crearea spațiilor verzi

Proiectul de dezvoltare teritorială are la bază studii vizând:

- situația ecologică agricolă: ape, soluri, culturi, faună, vegetație naturală;

- stadiul de degradare a mediului;

- scopul plantațiilor și reîmpăduririlor (pentru: protecția bazinului versant, fixarea dunelor, perdele de protecție contra vânturilor, exploatare forestiere, parcuri și mediu ambiant, biodrenaj etc. (fig. 4.5).



**Fig. 4.5.** Reîmpădurirea unui versant erodat în bazinul hidrografic Vasluiet.

Pentru spațiul verde, fiind considerat ca făcând parte din mediul natural al omului, acolo unde lipsește (fie că este vorba de zonă aridă, mediteraneană sau temperată) se fac eforturi pentru a-l crea sau reconstitui, pentru ameliorarea cadrului de viață al populației.

Prin eforturi deosebite, chiar zonele aride ale Saharei pot deveni adevărate parcuri.

Plantarea și întreținerea necesită cunoașterea: solurilor, surselor disponibile de apă și esențele ce pot forma spațiul verde în zona respectivă.

### 7° Pentru măsuri hidroameliorative de irigații, drenaje, asanări, protecția contra inundațiilor

Aceste măsuri, care ocupă cel mai important volum de investiții în cadrul amenajării hidraulico-agrară a unui teritoriu, studiile de teren și laborator, ca și anchetele socio-economice sunt ample. În acest paragraf se vor face numai referirile necesare asupra direcțiilor de cercetare, pentru uniformizarea prezentării tuturor grupelor de măsuri ce concură la amenajarea unui teritoriu.

Importanța tehnico-economică și socială pe care o prezintă măsurile de irigații și drenaje în cadrul schemelor hidrotehnice complexe, a determinat tratarea acestor capitole separat (v. capitolele anterioare și cap 8.11).

Printre măsurile importante de relansare a agri-



culturii, în toate zonele lumii, chiar în cele industriale, de ridicarea mediului rural, se înscriu și cele de irigații, drenaje și apărare contra inundațiilor.

Prin aceste măsuri se asigură:

- irigațiile, care înseamnă disponibil de apă, când și unde este necesar, cu utilizarea rațională a resurselor (de apă și teren);
- ameliorarea condițiilor de viață, prin aducțiuni, asanări, ameliorări, igienă, luptă contra malariei;
- consolidarea dezvoltării teritoriului, prin contribuția rețelelor de irigații și asanări, drenaje;
- dezvoltarea și valorificarea surselor de energie hidraulică, pentru a înlocui energia produsă din surse deficitare (petrol);
- echiparea cursurilor de apă (oricât de mici) și a canalelor de aducțiune-irigații cu microhidrocentrale electrice, pentru asigurarea electrificării rurale;
- amenajări energetice de mică cădere pe cursuri mari de apă;
- transporturi pe apă, care reduc costul și energia ș.a.

*Irigațiile*, reprezentând mijlocul cel mai eficient de creștere a producției agricole, trebuie să se adopte prin proiectare soluțiile și tehnicile adecvate fiecărui teritoriu.

Cadrul natural și structurile tehnice și economico-organizatorice au roluri determinante în adoptarea diverselor tehnici de irigare și de udare.

Avantajele, ca și dezavantajele, fac să primeze în timp o metodă sau altă, o tehnică sau alta: scurgere la suprafață, aspersiune, irigație localizată, subterană ș.a.

Pe glob se confruntă – ca întâietate și ritm de execuție – tehnica tradițională de irigație prin scurgere la suprafață, cu aspersiunea. Irigația localizată, prin picurare, înregistrează un anumit progres, în timp ce irigația subterană, deși superioară tuturor tehnicilor, prin faptul că trimite apa direct la rădăcina plantelor, nu se bucură încă de extinderea cuvenită pe plan mondial.

Irigația prin aspersiune cunoaște o dezvoltare mare după 1980, atingând în 1982 peste 50 mil. ha\* pe glob\*\*, datorită următoarelor avantaje:

- ușurință în exploatare;
- suplețe a instalațiilor;
- economie de mină de lucru calificată;
- cerințe reduse de amenajări capitale de infrastructură (nivelări, drenaje ș.a.);
- timp redus de execuție, în comparație cu irigația prin scurgere la suprafață, care nu se poate realiza fără cele de mai sus.

În schimb irigarea prin scurgere la suprafață, spre deosebire de cea prin aspersiune, prezintă avantaje

legate de:

- reducerea consumului de energie;
- reducerea consumului de echipament hidro și electromecanic;
- posibilitatea distribuției apei cât mai aproape de stratul radicular;
- posibilitatea extinderii pe terenuri cu pante mari, prin trasarea brazdelor aproape paralel cu curbele de nivel.

Pe glob, scurgerea la suprafață ocupă, datorită avantajelor expuse, ca și condițiilor locale și unor culturi specifice (ex. orezul), suprafețe incomparabil mai mari.

Pe lângă condițiile expuse, care fundamentează soluția și metoda de irigat adoptată, proiectele de amenajare pentru irigații valorifică o serie de modele, programe și tehnologii pe care tehnica mondială le-a pus la punct. Se pot reține astfel:

- programele de mare performanță care permit optimizarea diametrelor conductelor ramificate și în ochiuri;
- stimularea funcționării rețelelor sub diverse ipoteze de debite – de consum;
- modelul și soluția protecției contra loviturilor de berbec a rețelelor sub presiune;
- reducerea consumului de energie pentru pompare etc.

În cadrul tehnicii de irigare prin picurare, avantajele înscrise de: economia de apă, energie și forță de muncă, alături de: creșterea randamentului sistemului, precocitatea culturilor, reducerea bolilor criptogamice și ușurința automatizării, au făcut să se întreprindă o serie de studii, cercetări – experimentări în sprijinul extinderii acestei tehnici.

Din 1976, când statisticile înscriau 150.000 ha amenajate și echipate pentru irigarea prin picurare, pe glob, s-a ajuns în 1981 la 400.000 ha.

Fără îndoială că principiul care stă la baza funcționării acestui procedeu de irigare „doze mici de apă cu frecvență mare”, reclamă o studiere aprofundată și diferențiată chiar pentru suprafețe de ordinul a câtorva zeci de ha, cu privire la:

- caracteristicile și programul de utilizare a rețelei;
- reglarea și filtrarea apei; (studiul și tehnologia obținerii unei ape corespunzătoare – filtrată – solicită eforturi importante);
- tehnica irigației prin revărsare, care valorifică apele locale de viituri pe terenurile joase, pe conurile aluvionare, are o răspândire limitată pe glob ca și în țara noastră (în zona Făgăraș).

Paralel cu intensificarea agriculturii locale, această tehnică de distribuție a apei, prin revărsare, poate avea și scopul alimentării pânzelor subterane.

\* După SOGREAH „Amenagements agricoles”, 1981.

\*\* În țară, aspersiunea ocupă circa 80% din suprafața irigată.

Pentru promovarea acestei metode, în condiții adecvate, studiile care se pot face și pe modele reduse – se referă îndeosebi la:

- concepția lucrărilor;
- rețelele de revărsare a apelor de viitură, ploi;
- hidraulica transportului de material solid.

(Problemele specifice de cercetare și tehnologie ale tehnicilor de irigat, formează obiectul altor capitole – v. cap. I).

– *Asanările, desecările, drenajele*, părți componente și de cele mai multe ori indispensabile în amenajarea hidrolico-agrară a unui teritoriu, reclamă, pentru proiectare, studii și cercetări specifice celor două mai grupe de terenuri interesate la acest gen de amenajări:

1. Terenurile mlăștinoase, mlaștinile, smârcurile, mocirlele, bălțile, turbăriile, terenurile joase, lagunele ș.a. au reprezentat și reprezintă totdeauna spații favorabile pentru extinderea agriculturii sau altor sectoare economice. Lipsa reliefului accidentat creează condiții de punere în valoare a acestora fără eforturi deosebite, cu excepția desigur a sărăturilor primare și a lagunelor – golfurilor (ex. recuperarea terenurilor pe seama apelor Golfului Zuiderzee ș.a.).

2. Terenurile irigate, care după un timp mai scurt sau mai lung de exploatare, în condițiile unui insuficient control al apei, chiar și în zonele deșertice, antrenează ridicarea nivelului freatic și salinizarea (exemplu Golodnaia Step).

Drenajul apare ca o condiție obligatorie în valorificarea continuă a acestor terenuri.

Studiile, cercetările, experimentările pentru fixarea soluțiilor și tehnicilor de irigații, asanări, drenaje, implică colaborarea și stăpânirea cu prioritate a cunoștințelor din cele trei discipline: hidrogeologia, agronomia și hidraulica.

#### 4.2.2. PROBLEME. CERINȚE ȘI STUDII ÎN DEZVOLTAREA TUTUROR FOLOSINTELOR TERITORIALE DEPENDENTE DE SCHEMA HIDROTEHNICĂ

În sistematizarea și amenajarea complexă a unui teritoriu, schemele hidrotehnice cu specific hidrolico-agrăr au rolul coloanei vertebrale la care se racordează toate folosințele teritoriale direct consumatoare de apă sau care indirect beneficiază de aceasta.

Acțiunile desfășurate în etapa 1990-2000 în aceste domenii în țara noastră, cu elaborarea schemelor județene de irigații, drenaje, combaterea eroziunii solului, gospodărirea apelor, în cadrul planurilor de amenajare a tuturor bazinelor hidrografice, atestă ne-

cesitatea tratării în complex a cerințelor de amenajare a oricărui teritoriu.

La baza tuturor planurilor și proiectelor de dezvoltare teritorială se află un vast program de studii și cercetări prin care să se identifice și să se formuleze problemele și cerințele dezvoltării tuturor folosințelor dependente de schema hidrotehnică.

În acest sens Banca Mondială a elaborat o clasificare a studiilor necesare pentru sectoarele de activitate direct interesate în organizarea, sistematizarea și amenajarea unui teritoriu, pentru care schema hidrotehnică este vitală: agricultura și dezvoltarea rurală, energia, mediul, industria, turismul, transportul, dezvoltarea urbană, alimentarea cu apă și asanarea (tab. 4.6).

Creșterea considerabilă a cerințelor de apă, alimente, energie, materii prime, proiecția mediului, pe care o reclamă populația globului cu o dezvoltare explozivă (de la circa 1 miliard în 1850, la peste 1,72 miliarde la mijlocul anului 1983, cu circa 6,2 miliarde la sfârșitul secolului XX), implică întreaga societate, care prin exponenții săi de profil trebuie să găsească soluții adecvate acoperirii cerințelor.

Resursele de interes vital, care nu sunt fără limită, ridică numeroase și urgente probleme în fața specialiștilor, ca:

- punerea în valoare a bogățiilor naturale;
- ameliorarea condițiilor de viață (economice, sanitare, culturale);
- organizarea, armonizarea și protecția mediului natural.

Proiectanții și experții responsabili ai soluțiilor de dezvoltare economică, socială și de amenajare a teritoriului trebuie să ia în considerare:

- implicațiile utilizării resurselor ne și reînnoibile (energie și minereuri bogate, terenuri arabile și apă etc.);
- prognozele socio-demografice, ca viteza, densitatea și amploarea transformărilor care afectează mediul, economia și tehnica, oricare ar fi gradul de industrializare a teritoriului respectiv. Prognoza trebuie elaborată în două ipoteze de dezvoltare: lentă (IL) și rapidă (IR);
- soluția asocierii unei cât mai bune folosiri a apei, pământului și omului pentru:
- creșterea producției agrozootehnice, piscicole și forestiere;
- valorificarea cât mai bună a cursurilor de apă pentru dezvoltarea energiei, navigației;
- asigurarea apei potabile, industriale, irigații, igienă, protecția mediului etc.;
- protecția contra viiturilor și folosirea apei în perioadele secetoase.

**Tabelul 4.6.** Clasificarea studiilor necesare pentru dezvoltarea complexă a teritoriului

Studii după Banca Mondială	Domeniu de activitate							
	Agricultură și dezvoltare rurală	Energie	Mediu înconjurător	Industrie	Turism	Transporturi	Dezvoltare urbană	Aducțiunea apei și asanare
Studii geologice								
Studii geofizice								
Studii hidrologice								
Studii hidrografice								
Studii pedologice								
Inventarierea resurselor								
Studii pe sectoare								
Studii de politică economică								
Studii de dezvoltare regională								
Studii de planificarea proiectelor								
Studii de realizare								
Studii asupra pieții								
Studii economice								
Studii financiare								
Studii asupra tarifelor								
Studii tehnice								
Studii asupra exploatarei								
Studii asupra mediului înconjurător								
Studii sociologice								
Concepții tehnico-inginerești								
Mecanica solurilor								
Hidraulică: studii și inginerie								
Studii seismice								
Protecția contra alunecărilor de teren								
Antemăsurători și deizve								
Contracte și evaluarea ofertelor								
Îndrumare și aprovizionare								
Supraveghere și controlul lucrărilor								
Gestiunea proiectului pentru calculul personalului tehnic								
Supraveghere și control asupra materialelor								
Asistență tehnică și îndrumare								
Punerea în funcțiune a echipamentului								
Exploatare și completare								
Organizare și întreținere								
Perfecționarea echipamentului								
Perfecționarea lucrărilor de geniu civil								
Sisteme de Informații și transpunerea pe calculator								
Îndrumări asupra gestiunii								
Studii de gestiune								
Studii de organizare								
Dezvoltare și transfer de tehnologie								

Planurile și proiectele de amenajare complexă a unui teritoriu implică:

1. Studii din cele mai diverse domenii: agricultură, climatologie, hidrografie, hidraulică (fluvială și maritimă), hidrologie, hidrogeologie, geologie, hidroameliorații, construcții (civile, industriale), electromecanică, informatică, aplicații matematice, economice, statistice, sociologice.

2. Cercetări în laboratoare (hidraulice ș.a.) a diverselor tipuri de amenajări, instalații și fenomene.

3. Informații (științifică, de studii de birou, de gestiune) și modele matematice (mijloace moderne și puternice, extrem de utile în fixarea soluțiilor). Informația științifică face apel la calculatoare de mare putere pentru tratarea tuturor problemelor necesitând punerea în lucru a modelelor matematice. Informația de birou de studii folosește calculatoare medii, dispunând de un ansamblu de periferice specializate pentru tratarea automată a intrărilor de date și ieșirea rezultatelor sub formă de: tabele cu grafice, cartograme automate, vizualizarea rezultatelor pe ecrane speciale etc. Informația de gestiune, pretabilă la programarea proiectelor, la urmărirea și controlul acestora.

Prin utilizarea ordinarilor, modelele matematice au devenit mijloace indispensabile în rezolvarea problemelor din ce în ce mai complicate, mai complexe, atât în domeniul hidraulicii (unde utilizarea lor se conjugă cu modelele fizice), cât și în alte domenii ale științelor ingineresti și social-economice.

4. Documentare amplă și corelată din toate domeniile interesate în amenajarea teritorială complexă: ca exemplu, în figura 4.6 se dă un model de îmbinare a

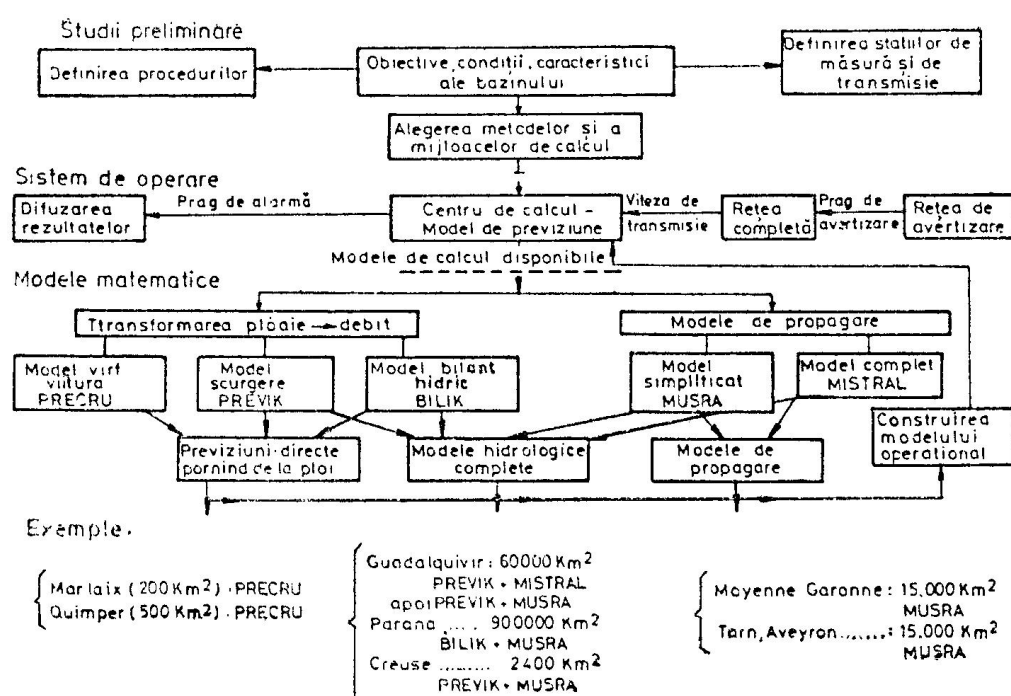


Fig. 4.6. Model de sistem practic de anunțare a viiturilor.

diverselor faze și procedee de studiu pentru anunțarea viiturilor.

Proiectele dezvoltării teritoriale complexe trebuie să cuprindă pe baza studiilor și modelelor:

- fixarea politicii de dezvoltare;
- alegerea soluției optime și optimizarea investițiilor, ținând cont de aspectele: tehnic, economic și social;
- selectarea sau organizarea întreprinderilor de execuție și exploatare.

Rolul important pe care-l are apa în strategia dezvoltării complexe a unui teritoriu, prin amenajările, hidrolico-agrară, a condus la concepția sub care s-au desfășurat lucrările Congresului al XI-lea de Irigații și Drenaje (Grenoble, 1081): „maîtrise de l'eau, maîtrise du développement” (stăpânirea apei, stăpânirea dezvoltării).

### 1° Utilizarea resurselor naturale

Sunt necesare în acest scop studii hidrologice, hidrogeologice, geologice, pedologice și agro-economice, prin care să se evalueze cantitativ și calitativ: apa, bogățiile, solului, subsolului, bogățiile marine și sub-marine, precum și cunoașterea fenomenelor biofizice și chimice la care aceste resurse pot fi supuse.

Mijloacele de investigare rapidă ale solului și subsolului sunt fotografiile aeriene și teledetecțiile, pe lângă cele clasice (topografice, foraje, analize etc.).

Evaluarea, justa utilizare și protecția acestor resurse trebuie să reprezinte o preocupare de seamă a proiectanților planurilor de amenajare teritorială complexă.

– Prin studii pedologice se determină pentru terenurile agricole pretabilitatea acestora pentru cea mai bună valorificare agricolă, definirea și raionarea amenajărilor necesare, fixarea amendamentelor corespunzătoare, precum și prognoza evoluției acestor soluri în funcție de modul de exploatare.

– Prin studii asupra apei, se determină: resursele de apă disponibile, calitatea lor, modul de exploatare pentru a putea satisface pe termen lung cerințele teritoriului, cu evitarea epuizării, respectiv a eșecului investițiilor.

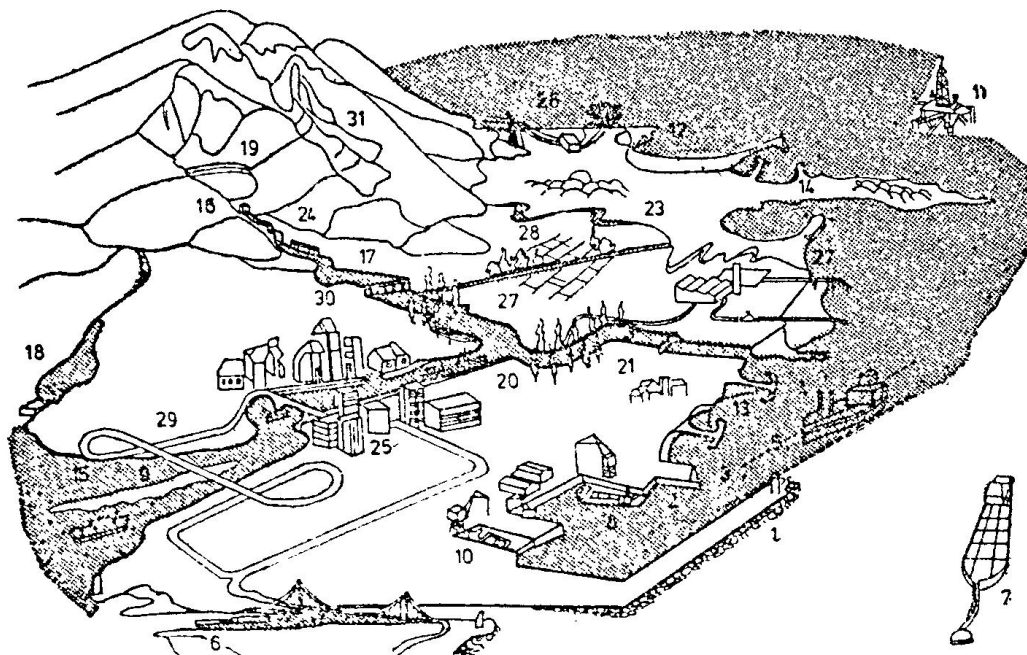
– Prin studii asupra resurselor marine, se urmăresc, în special, în cadrul acestor proiecte: resursele de pescuit, cu regimul de exploatare, transport și valorificare superioară.

– Prin studii asupra protecției resurselor naturale contra eroziunii solului, inundațiilor și poluării, se fixează cauzele și condițiile în care se pot produce aceste fenomene, precum și măsurile preventive și curative necesare.

S-au dezvoltat institute de cercetări de talie internațională, renumite în elaborarea celor mai diverse și complexe modele, studii cercetări, sistematizări și amenajări teritoriale (exemplu: ICH, ISPE, ICITID București, SOGREAH – Grenoble, figura 4.7. HI-DROPROIECT – Moscova ș.a.).

Câteva exemple de asemenea studii sunt edificatoare:

- program de cercetare și dezvoltare a utilizării resurselor de apă;
- program de măsuri pentru protecția contra inundațiilor;



**Fig. 4.7.** Domeniile în care SOGREAH a aplicat modelarea hidraulică:

- pentru eroziuni, avalanșe și scurgeri de noroi;
- pentru traversări de racordări (traversări de râuri, treceri dintr-un bief în altul scurgeri forțate, retenții);
- pentru lucrări de irigații (rețele de aducțiune, distribuție, tehnici de amenajare, construcții, instalații, echipamente);
- pentru prize de apă și descărcări (în mare și în râuri, cu descărcări de rezidii solide și lichide);
- pentru evoluția râurilor (apărare contra inundațiilor, corecția albiilor, protecția malurilor, traversarea râurilor prin centrele populate);
- pentru navigație fluvială (navigație interioară; ecluze de navigație interioară);
- pentru baraje și energie (baraje de cădere înaltă, baraje pe firul apei; utilizarea energiei mareelor, descărcări la retenții);
- pentru evoluția țărmului, falezei (proces de colmatare sau eroziune provocate de mare asupra litoralului; plaje artificiale; ieșiri lagunare; estuare);
- pentru navigație marină (stabilitatea șenalelor naturale sau dragate; canale de navigație maritimă; zona de încărcare a petrolierelor; protecția podurilor la trecerea navelor; cale și ecluze marine; platforme de foraj marin);
- pentru porturi maritime (spărgător de valuri și tipuri de diguri; bascularea planurilor de apă în zona portului; ansamblu portuar).

– program de măsuri pentru protecției calității apelor superficiale și subterane;

– organizarea structurilor responsabile de aplicarea programului de utilizare a resurselor de apă;

– gestiunea infrastructurilor hidraulice;

– studiul impactului amenajării teritoriale asupra mediului natural;

– planificarea utilizării resurselor de sol, subsol și a fundurilor submarine;

– planificarea producerii energiei electrice;

– programul cercetărilor de spălare a solurilor saline (exemplu: câmpia Farah-Afghanistan) – (fig. 4.8);

– clasificarea terenurilor funcție de aptitudinea lor pentru, irigații;

– schema de exploatare a depozitelor de materiale aluvionare, a haldelor de steril ș.a.;

– schema directoare de utilizare a resurselor naturale (apă, sol, subsol) la nivelul anilor 1990 și 2000, cu amenajările hidrotehnice specifice.



**Fig. 4.8.** Echipă care studiază – prin mici parcele experimentale – soluțiile de elaborarea planului de valorificarea săpăturilor (din valea Farah Bud – Afghanistan).

## 2° Activitățile industriale, agricole, zootehnice și piscicole

Pregătirea și elaborarea deciziilor de dezvoltare a acestor activități în teritoriul supus amenajării implică două grupe de studii și analize cu privire la:

1. Aprecierea și importanța cheltuielilor pentru investiții, cu condițiile de rentabilitate economică și financiară.

2. Corelarea tehnicilor propuse, în raport cu: mediul natural, gradul de adeziune al colectivităților direct interesate, cadrul organizatoric prevăzut, contextul economic, schimburile interindustriale și agricole necesare etc.

Studiul aprofundat al incidenței directe sau indirecte a proiectului dezvoltării industriale, agricole, zootehnice, piscicole, asupra cadrului natural și sistemului social-economic interesat este indispensabil în adoptarea soluțiilor de amenajare și dezvoltare a oricărui teritoriu.

Cu toate că este dificil de a se prevedea cu certitudine amploarea avantajelor, riscurilor, variațiilor probabile ale eficacității, totuși aceste studii, conduse și întocmite cu multă atenție, cu o largă colaborare între specialiști din diverse domenii, în baza unui amplu material documentar (statistic, experimental, bazat pe modele reduse și matematice), pot fixa cu suficientă aproximație consecințele amenajării și dezvoltării teritoriale.

Pe lângă rentabilitatea investițiilor se poate deci prevedea și evoluția structurilor de producție, cu impactul pe care-l exercită asupra sistemului ecologic, asupra societății.

În prezent sunt puse la punct – în tehnica mondială – programe informatice care permit nu numai realizarea acestor teste dificile, dar care asigură (prin programare lineară) și limitarea sau extinderea investițiilor în domenii optimizate, paralel cu creșterea producțiilor.

1. Pentru industrie, amplasarea de noi uzine, ca și extinderea sau restrângerea celor existente, reclamă studii importante și de ordin hidrotehnic, cu privire la apă sub multiplul rol pe care-l îndeplinește: agent de fabricație, de spălare, de lubrifiere, de transfer termic, de transmitere a forței motrice.

Alimentarea cu apă, ca și evacuarea apei reziduale, confruntă proiectantul amenajării teritoriale cu probleme de studiu pentru:

- fixarea prizelor de apă din diverse surse (râuri, canale, acumulări subterane, mare), care reclamă studii hidrologice, de calitate (a apei), de dimensionare, de protecție, cu modelări la scări reduse (când se captează apă marină pentru răcirea centralelor termice sau nucleare, prizele trebuie să fie amplasate în funcție de temperatura apelor și în condiții de protecție contra valurilor, bulelor înnisipărilor, eroziunilor);

- adoptarea soluțiilor de transport (de la distanță mică sau mare),

- definirea gradului de tratare a apei adusă din

sursă, ca de exemplu desalinizarea apei captate din mare (problemă de viitor chiar pe litoralul Mării Negre);

- rețeaua de distribuție interioară, pentru recirculare,

- colectarea efluentului, transportul, sistemul de epurare (neutralizare, tratament primar, epurare secundară, epurare terțiară) și de descărcare în mediu natural.

2. Pentru agricultură (inclusiv zootehnie și piscicultura), care trebuie să ocupe un rol prioritar în amenajarea teritoriului, în orice zonă s-ar găsi; studiile prin care trebuie să se fixeze direcțiile de dezvoltare sunt, de asemenea, ample și includ multă responsabilitate.

Dintr-o foarte sumară prezentare a problemei agriculturii în lume, se desprind suficient de clar responsabilitățile specialiștilor și factorilor de decizie:

- numai 1/10 din terenurile emerse se află „azi” în cultură:

- terenurile efective cultivate ocupă 2/3 din terenurile cultivabile;

- 10% din terenurile cultivate sunt în prezent irigate în lume, acestea participând cu peste 40% la producția alimentară totală.

La situația de mai sus, adăugând aspectul demografic al globului cu rata creșterii de 80 de milioane loc/an și cu nivel de viață sporit, se înțelege sarcina ce revine sectorului agroeconomic, de a spori producția agricolă în ritm corespunzător.

Printre factorii ce influențează productivitatea solurilor apa este un element determinant, fie prin lipsă, fie prin exces.

Stăpânirea și dirijarea corespunzătoare a apei se face prin măsuri cunoscute în lume sub denumirea generală „hidraulico-agrară” (irigații, desecări-drenaže, combaterea eroziunii solurilor, regularizări de râuri etc.).

Găsirea soluțiilor corespunzătoare de amenajare a teritoriului, adaptarea acestora la condițiile mediului natural și uman, precum și posibilitățile de finanțare, reprezintă probleme de studii cât se poate de complexe.

Problemele se pun și se rezolvă diferențiat, pentru terenurile noi, neluate încă în circuitul agroeconomic, față de terenurile amenajate deja, dar pe care se impun măsuri de modernizare, în scopul creșterii randamentului acestora, sau pentru schimbarea folosințelor planurilor de cultură.

Studiile ce se întreprind sunt dirijate spre:

- Determinarea resurselor de teren, cu posibilitatea recuperării terenurilor considerate necultivabile.

- Evaluarea resurselor de apă, de suprafață, subterană (stoc disponibil și de durată) și calitatea acestora.

– Găsirea măsurilor agro-fitotehnice cele mai indicate pentru teritoriul respectiv, cu selectarea culturilor de mare randament și care să răspundă evoluției socio-economice a mediului rural și unităților beneficiare.

– Fixarea căilor de intensificare sau de înființare a sectoarelor zootehnice și piscicole, pentru sporirea eficienței amenajării teritoriului, pentru utilizarea rațională a resurselor de pășuni, fânețe, a subproduselor agricole, a resurselor de apă (inclusiv rețelele de canale, acumulările etc.) pentru piscicultură.

– Dezvoltarea sectoarelor prelucrătoare agroindustriale.

– Raionarea hidroameliorativă a teritoriului, pe grupe de amenajări și tehnici pentru irigații, desecări-drenaje, acumulări, protecția contra inundațiilor etc.

– Fixarea măsurilor de protecție a bazinelor versant contra eroziunii solului și alunecării terenului, cu prevenirea proceselor de colmatare și inundare a obiectivelor din zonele joase (acumulări, căi de comunicație ș.a.), a poluării apelor și degradării mediului etc.

Studierea celor mai adecvate măsuri de ordin biologic hidrotehnic-hidroameliorativ, cu îmbinarea armonioasă a acestora, poate asigura succesul eforturilor de amenajare.

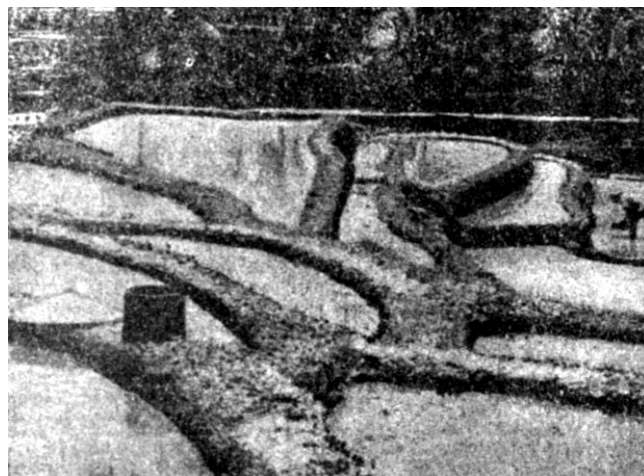
În tehnica mondială, eforturile de extindere a agriculturii intensive pe toate terenurile și formele de relief se combină cu măsurile antierozionale, silvice, energetice, de transport pe apă (fig. 4.9).



**Fig. 4.9.** Exemplu de gospodărire a fondului funciar și a apelor (pentru agricultură, silvicultură și obținerea de energie) Provincia Tauyuan – China.

În țara noastră, ca și pe glob, sunt întinse suprafețe agricole cu relief ondulat, accidentate, pe platouri și versanți, care reclamă irigații, concomitent cu măsurile antierozionale. În asemenea situații tehnicile clasice de irigații și combaterea eroziunii sunt supuse unor amenajări și combinații în aplicare, ajungându-se în anumite situații până la soluția terasării și aplicării irigațiilor pe planuri orizontale, duse de-a lungul curbelor de nivel. Astfel, pe vastele teritorii ale Indoneziei ( $S_T = 1,9$  milioane  $\text{km}^2$ ), cuprinzând în majoritate terenuri în pantă,

s-au realizat amenajări de irigații pe versanți chiar prin terasare și parcelare pentru orez (fig. 4.10). În această soluție s-a realizat și la noi la Adamclisi – Dobrogea un poligon experimental (1986).

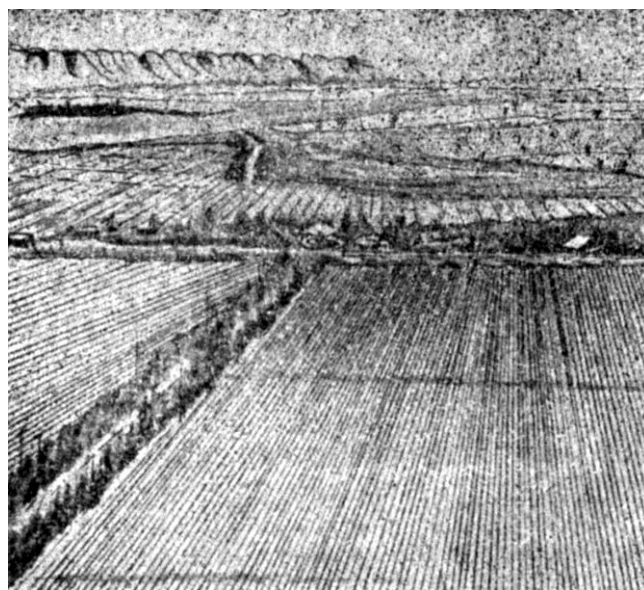


**Fig. 4.10.** Rizicultura pe terenuri în pantă.

– Gospodărirea apelor și a fondului funciar din zonele colinare, prin așa numitele acumulări colinare, care includ și rețelele de alimentare cu apă a agriculturii, în paralel cu organizarea antierozională.

– Estimarea apelor excedentare, pentru proiectarea rețelelor de drenaj, asanare, protecția contra inundațiilor.

– Fixarea planurilor de desfășurare a amenajărilor noi, ca și a modernizării vechilor amenajări ș.a. De exemplu, în urma aplicării planului de amenajare a Complexului Hidrotehnic Vakhch și Yavan-Obikiiksh din bazinul hidrografic Vakhch – Tadjikistan, întinse zone deșertice din trecut au fost transformate în terenuri de mare fertilitate (fig. 4.11), idem și la Sadova – Corabia (v. cap. 8).



**Fig. 4.11.** Valea Vakhck, amenajată.



În tehnică sunt deja puse la punct o serie de programe de calculul optimizării unor amenajări, rețele sau uvraje, constituate ale activităților industriale și agricole, din cadrul unui teritoriu, cum ar fi:

- pentru optimizarea rețelilor de distribuție și a celor interne (ramificate și în ochiuri) pentru apă;
- pentru optimizarea rețelilor de colectare și transport a efluentului (în sistem separat sau unitar);
- pentru studierea de modele fizice sau matematice a problemelor de difuzie a efluentului în emisar (râu, canal, mare, șenal navigabil etc.).

Pentru sistematizarea teritoriului s-au elaborat scheme și programe de studiu, ca de exemplu:

- programul anchetelor de teren și prelucrarea informațiilor socio-economice relativ la sectoarele de producție industrială, agricolă, zootehnică și piscicolă;
- prognoza impactului proiectelor amenajărilor industriale, agricole, zootehnice și piscicole asupra mediului;
- planurile dezvoltării agroindustriale, a amenajărilor hidrolic-agrar, a porturilor piscicole;
- studii pentru decizii în materie de amplasare și dimensionare a unităților industriale;
- pentru organizarea de structuri de producție pentru agricultură, zootehnie, piscicultură (aprovizionare – credit – depozitare – condiționare – comercializare – transport – industrializare).

### 3° Transporturi

Studiile ce se întreprind pentru transporturi în cadrul planurilor de amenajare sunt foarte complexe și adaptate categoriei de transport: terestru, fluvial, maritim, aerian, cu infrastructura impusă.

Condițiile de transport reprezintă elemente esențiale ale modului de viață al unei societăți, al unei epoci, cu importante funcții în economie, participând atât la procesele de producție, cât și la cele de schimb și consum. În consecință, programul dezvoltării rețelei de transporturi este corelat cu acela al dezvoltării socio-economice (pe termen scurt și pe, termen lung), cu implicații asupra mediului, peisajului și sistemelor naturale de protecție și ameliorare.

1. Pentru transporturile terestre (rutiere și feroviare) studiile trebuie să fundamenteze soluțiile pentru: amplasarea căilor de comunicații, trasee, protecție ș.a.

Amplasarea se fundamentează pe considerente economice, geografice și sociale. În cazul în care căile de comunicație traversează văi cu consecințe în modificarea echilibrului acestora (inundații, eroziuni, colmatare, modificări ale apelor subterane), studiile se vor extinde și asupra cursului de apă, în ceea ce privește: traseul, depozitele de nisip și pietrișuri, dimensiunile uvrajelor și limitele pagubelor. Traseele de pe falez

vor fi protejate contra elementelor marine.

2. Pentru transporturile fluviale, atât de avantajoase, dar nu întotdeauna ușor de realizat pe anumite nuri, studiile trebuie să marcheze:

- condițiile de navigabilizare;
- lucrările de îmbunătățire a șenalului navigabil și de creștere a adâncimii de apă;
- necesitatea modernizării sau creării de noi căi navigabile, legând între ele apele râurilor și fluviilor;
- necesitatea și condițiile legăturii căilor de apă, existente, cu centrele mari industriale și agricole.

Proiectele noilor canale trebuie să țină cont ca traseele acestora să se încadreze armonios în mediul natural, al cărui echilibru ecologic nu trebuie stricat. Pentru amenajarea căilor de apă existente, studiile se referă la corecția traseelor, dragarea canalelor, protecția malurilor și uvrajelor necesare navigației, lărgirea canalului, cu zona adiacentă, adesea agricolă (exemplu: situația Canalului Suez).

3. Pentru transporturile marine, adiacente teritoriului supus amenajării (ca de exemplu zona canalului Dunăre – M. Neagră), studiile sunt direcționate pentru organizarea portului și a zonei portuare, legarea esențială în lanțul schimburilor. Având rolul de tranzitare între mare și teren, perfectă adaptare a portului, acestui scop, este esențială. Studiile vor indica (v. cap. 7):

- condițiile de trafic, cu cerințele dezvoltării portului în perspectivă;
- efectul asupra dezvoltării regionale și naționale, cu bilanțul avantajelor și inconvenientelor (economice, financiare, sociale, ecologice);
- condițiile optime de acces în port, cu examinarea și conceperea structurii uvrajelor, funcție de oscilarea planului de apă ș.a.;
- natura și tipul construcțiilor portuare, inclusiv pentru întreținerea și repararea navelor;
- soluția legăturii între navigația maritimă și cea fluvială, cunoscându-se fenomenele complexe de eroziune, de colmatare, curenții și hulele etc.

4. Transporturile aeriene. Amplasarea și dotarea aeroporturilor ocupă în tehnica sistematizării și amenajării teritoriului un capitol similar obiectivelor speciale (urbane și industriale), pentru care motiv nu se dezvoltă în acest capitol.

Pentru sectorul transporturi (terestre, fluviale, maritime) în cadrul planurilor de amenajare teritorială, s-au pus la punct o serie de programe de dezvoltare, ca:

- P.P.B.S – Planning – Programming – Budgeting Systems (Sisteme de planificare – programare – finanțare);
- R.C.B. – Rationalisation des Choix Budgetaires (Raționalizarea deciziilor bugetare).

S-au elaborat o serie de studii în acest vast do-

meniu, care ar putea servi prin enunțarea lor, ca indicații pentru cei preocupați de problemă:

- previziune și perspectivă a traficului;
- studii de impact al activității de transporturi asupra mediului natural și socio-economic;
- plan de transport pentru mărfuri și pasageri;
- plan de dezvoltare portuară, rutieră, feroviară și căi navigabile;
- planuri de finanțare, proiecte de decizii de investiții;
- programul organizării serviciilor de transport și a activităților anexe, inclusiv echipamentele existente;
- modernizarea sistemelor de gestiune; studiul tarifelor;
- dezvoltarea și întreținerea sistemului de informatică și informații ș.a.

#### 4° Energia

Studiile ce concură la elaborarea planurilor de sistematizare și amenajare a teritoriului se referă, în cazul energiei, la:

- inventarierea cerințelor de energie pentru industrie, agricultură, populație;
- inventarierea resurselor hidroelectrice (fiind vorba de schemele hidrotehnice zonale);
- posibilitatea punerii în valoare a acestor resurse cu tehnologiile indicate.

Punerea în valoare a resurselor hidroelectrice se analizează diferențiat pentru zonele deja echipate-electrificate, față de zonele în curs de dezvoltare.

În cele mai frecvente situații, în zonele în curs de echipare studiile încep cu: inventarierea pe teren a resurselor, analiza potențialului, planificarea producției și distribuția la consumatori. Apoi se elaborează planul de electrificare și programul investițiilor necesare.

Pentru construcțiile hidroenergetice și tehnologii se studiază: concepția și construcția barajelor, tipurile de centrale prin care se valorifică cel mai bine potențialul hidroenergetic (centrale la baraje de retenție, la baraje pe firul apei, de acumulare a energiei prin pompare, mareo-motrice), tipuri de tehnologii, de la centrale hidroelectrice prefabricate (realizate de Hidroproiect și de SOGREAH).

#### 5° Dezvoltarea urbană rurală și protecția mediului

În cadrul planurilor de sistematizare și amenajare teritorială, studiile fundamentează și programele: de dezvoltare urbană și rurală, de comerț și piețe de desfacere a produselor industriale agricole – zootehnice – piscicole, ale activităților de turism – agrement – odihnă și tratament, programele dezvoltării regionale etc.

În elaborarea planurilor, axate pe schemele hidrotehnice teritoriale, se respectă câteva linii directoare, după cum va rezulta din exemplele ce urmează:

– Orașul satisface totodată și cerințele zonei rurale adiacente, după cum și această zonă trebuie să fie în măsură să satisfacă cerințele orașului, în cadrul unor raporturi complementare și nu de subordonare.

Studiul unui plan de dezvoltare urbană sau rurală nu se limitează numai la aspectele fie de tehnică urbană, sau de tehnică generală rurală, ci asigură asocierea largilor posibilități pe care le oferă realitățile teritoriale – urbane și rurale (fig. 4.12).



**Fig. 4.12.** Studii tehnice și urbanistice: recalibrare, protecția malurilor, amenajarea spațiilor urbane și rurale de pe malurile râului (R. Esfahan traversând Zayandeh).

– În activitatea de comercializare (piața de desfacere) se ține seama că drumul parcurs de la „produce-re” la „consumare” al oricăror bunuri, implică o complexitate de factori, organisme, structuri, cu relațiile și sistemele lor funcționale. Studiile de comerț se bazează pe informații (bănci de date), pe amenajări (transporturi), pe analize și prevederi (cantitative, calitative, prețuri, prezentare), pe canale de distribuție (locale, interne, externe), pe organizarea piețelor de produse (industriale, agricole, zootehnice și piscicole), pe organizarea sistemelor de distribuție (strategia dezvoltării, programarea mijloacelor tehnice, organizarea structurilor etc.).

– În activitatea de turism, odihnă, tratament, problemele ce se pun în luarea deciziilor de amenajare a infrastructurilor se referă la: spațiul natural disponibil pentru extindere, cunoașterea cerințelor, caracteristicile și potențialul amplasamentului (mediu).

Elaborarea schemei de ansamblu ia în considerare toate cerințele, respectând însă condițiile tehnice, ecologice, social-economice, financiare și de gestiune. Schema adoptată va fi un rezultat al raționamentului tehnico-economic, dar și al raționamentului ecologic, o reconciliere „om – natură”.

Posibilitățile pe care le creează din punct de vedere turistic schema hidrotehnică a teritoriului sunt deosebite.

Orice canal mare, orice acumulare poate oferi cadrul în care, sau pe care se poate axa un complex turistic, de odihnă și în special pentru sporturi nautice. Orice resursă de apă, orice țărm de râu – fluviu – mare, orice lac în amenajarea și valorificarea socio-economică trebuie să includă și atributele de agrement.

În cazul zonei de litoral, atenția acordată turismului – odihnei – tratamentului fiind sporită, amenajarea infrastructurilor respective este îndreptată îndeosebi asupra: realizării și echipării plajelor și porturilor de agrement, complexelor turistice, spațiilor verzi ș.a.

Protecția mediului, măsurile antipoluante, menținerea echilibrului ecologic reprezintă preocupări de seamă pentru cei ce elaborează planurile de sistematizare și amenajare teritorială.

Pentru dezvoltarea urbană și rurală, în cadrul planurilor teritoriale fiind necesare intervenții de genul celor menționate (urbane, rurale, de comerț, turism ș.a.) și studiile sunt axate în consecință, ca de exemplu pentru:

- previziuni demografice și economice;
- previziuni în cereri de locuințe, echipamente colective;
- dezvoltarea în perspectivă a structurilor urbane, industriale și rurale;
- plan de dezvoltare urban sau rural (P.A.R.), plan de folosințe pe grupe de sol.(P.O.S);
- plan de dezvoltare a infrastructurilor (rutiere, aducțiuni de apă, evacuări – asanări, electrificare);
- protecția mediului; planificarea ecologică a spațiului etc.;
- analize și previziuni de cerere de produse, prețuri etc.;
- canale și circuite de distribuție, comerciale (locale, regionale, naționale, externe);
- piețe de desfacere a produselor, cu organizarea sistemului de distribuție;
- economia generală și marketingul etc.;
- analize și previziuni de cerințe turistice, baze de odihnă și turism, produse turistice (croaziere, băi termale, activități nautice etc.);
- analize economice și financiare ale marilor proiecte de amenajare;
- programul de dezvoltare regională, cu planul

de investiții;

– identificarea și evaluarea impactului proiectelor de amenajare asupra mediului: natural, economic și social-uman.

Privitor la proiecția mediului natural, este de precizat că amenajările teritoriale nu trebuie să se rezume la ansamblul de măsuri conservatorii, ci să dezvolte armonios toate sectoarele ce concură la ridicarea aceluia teritoriu.

Colectarea și evacuarea deșeurilor menajere, problemă vitală în orice aglomerație, studiile ce vor stabili soluția și metodele de eliminare – cadrul planurilor de amenajare teritorială – au la bază o serie de criterii:

- amplasamentul spațiului disponibil pentru descărcarea gunoaielor;
- caracteristicile gunoaielor;
- existența unei piețe de subproduse;
- tonajul de transport;
- mijloacele de finanțare ș.a.

Toate gunoaiele, deșeurile menajere, industriale, de la piețele agroalimentare, crăci de arbori etc. se vor colecta, transporta și descărca zilnic în locuri destinate acestui scop, în condiții satisfăcătoare (cost scăzut și cu respectarea restricțiilor ecologice).

Datorită unei bune organizări a colectării și transportului de gunoaie, se pot realiza economii substanțiale atât din punct de vedere al investițiilor, cât și al cheltuielilor de funcționare. Folosirea ordinatorilor poate conduce la adoptarea unor soluții organizatorice optime.

## 6° Studii de impact asupra mediului

Studiul impactului este obligatoriu pentru orice proiect de amenajare și acesta este inclus în legislația oricărei țări, diferențiindu-se de la țară la țară, etapa în care se realizează:

- fie precedând realizarea amenajărilor;
- fie după realizarea planurilor fizice de amenajare teritorială.

Elaborarea studiului de impact cuprinde:

- o cunoaștere perfectă a stării inițiale a cadrului natural interesat la amenajarea pentru care se elaborează proiectul;
- un studiu al evoluției mediului, în cazul neplicării proiectului;
- un studiu al modificărilor cadrului natural (mediului), realizabile prin aplicarea proiectului și apreciate după următoarele criterii – transformări asupra:
  - peisajului (geomorfologie și biogeografie);
  - condițiilor de viață umană (sănătate, igienă, salubritate publică, zgomote, vibrații, mirosuri etc.);
  - climatului (vânturi, umiditate, ploi, calități fi-

zice și chimice ale atmosferei, insolație);

– solului și subsolului (eroziuni de sol, colmatări, consolidări, nivel freatic ș.a.);

– hidrologiei (regimul curgerii apelor, calități fizice și chimice ale apelor etc.);

– faunei și florei (evoluția speciilor cu importanța lor științifică, economică și prin raritatea exemplarelor; efectul scontat prin diminuarea acestor specii asupra gestiunii agricole și forestiere; protecția vânatului și peștelui; posibilitatea reechilibrării speciilor etc.);

– bogățiilor naturale (zăcămintele minerale, straturi geologice remarcabile, potențiale agricole, piscicole, silvice etc.);

– așezămintele istorice (arheologice, patrimoniu artistic și arhitectural etc.);

– sectorul socio-economic (comerț, transport, folosințe, sport, turism etc.);

– un studiu al măsurilor previzibile pentru reducerea eventualelor consecințe defavorabile ce s-ar putea declanșa asupra mediului, prin unele lucrări incluse în proiect.

Aceste studii asupra mediului trebuie elaborate la același nivel și cu aceeași răspundere ca și studiile tehnice și economice.

Analiza în ansamblu a acestor studii (tehnice, economice, de mediu) este singura capabilă să fixeze soluția de adoptat și să dimensioneze planul de investiții cu eșalonarea execuției.

### **4.3. CORELAREA ȘI ADAPTAREA SOLUȚIILOR DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI – DRENAJE LA CERINȚELE DE ORGANIZARE ȘI SISTEMATIZARE A TERITORIULUI ȘI CĂI DE REDUCERE A SUPRAFEȚELOR OCUPATE DE LUCRĂRI**

În acest subcapitol vor fi analizate două aspecte referitoare la soluțiile de irigații și desecări, cu mari implicații în aceste corelări ce vizează reducerea suprafețelor ocupate:

– primul aspect vizează structura schemelor de amenajare hidrotehnică în interiorul unităților agricole, cu efect asupra procentului de suprafață ocupată de drumurile de exploatare (4.3.1);

– al doilea aspect vizează adaptarea unor alte soluții de acumulări (v. 5.1.2) și rețele de aducțiune și transport, prin care se economisesc importante suprafețe de teren, în avantajul producției agricole (4.3.2.).

#### **4.3.1. CORELAREA LUCRĂRILOR DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI CU ORGANIZAREA TERITORIULUI. EXEMPLE DE SOLUȚII**

##### **1° Corelarea lucrărilor de irigații**

Aspectele principale de corelare a amenajărilor de irigații, cu măsurile de organizare a teritoriului (după Metodologia I.G.F.CO.T. 1987) vizează:

1. Schema hidrotehnică a sistemului de irigații, care se concepe funcție de condițiile cadrului natural, corelate cu condițiile economice și de organizare a teritoriului, astfel încât să se asigure armonizarea tuturor folosințelor de perspectivă, cu valorificarea optimă a fondului funciar, resurselor de apă și forței de muncă;

2. drumurile de exploatare, care se trasează pe principiul funcționalității și al suprafețelor minime ocupate (pe perimetrul platourilor, în lungul canalelor și conductelor principale de distribuție etc.);

3. structura și dimensiunile fermelor și soarel, astfel încât:

– ferma se recomandă să fie egală cu plotul de irigație (sau jumătate), în fiecare fermă organizându-se un singur asolament;

– soarele se dimensionează astfel încât să asigure folosirea completă a tuturor instalațiilor de irigare (aspersiune, brazde, bivalentă) și lungimea optimă pentru exploatarea sistemului de mașini și tractoare. Pentru aceasta se indică ca sola să cuprindă 2-3 antene ( $L_a = 1.200-1.400$  m);

– numărul soarel reprezintă corelarea mărimii plotului (fermei) cu cerințele de rotație pentru principalele culturi.

În baza criteriilor de mai sus, la care se adaugă și condițiile de exploatare (ca de exemplu funcționarea concentrată a aripilor de aspersiune pe rețeaua de ultimul ordin, respectându-se încărcătura conform regulamentului), au fost elaborate (IGFCOT, 1987) o serie de scheme tip (exemple) de amenajări de ploturi pentru irigații, corelate cu organizarea teritoriului.

Aceste scheme tip (exemple) se referă la:

1. irigarea prin aspersiune, cu conducte subterane și stații de pompare și punerea sub presiune (SPP) având distanța între antene de 612 m și 800 m;

2. irigarea prin aspersiune cu agregate electrice și antene monofilare;

3. irigarea prin aspersiune cu instalații autodeplasabile cu pivot (I.P.A.-450);

4. irigarea prin brazde cu echipament de udare EUBA-150

În același material (vol. I – „Irigații”, 1987), I.G.F.CO.T. dă o serie de exemple (I.S.P.I.F.) și cu privire la:

– mărimea solelor în funcție de numărul de antene și ciclul de udare;

– influența lungimii și lățimii solei – condiționată de sistemul de amenajare pentru irigarea prin aspersiune – asupra cheltuielilor și consumurilor pentru execuția lucrărilor agricole;

– cheltuielile suplimentare de producție (lei/ha), funcție de distanța între antene și de timpul de revenire între udări.

*Exemple de scheme tip de amenajare (ploturi) și organizare a teritoriului în condiții de irigare.*

Prin schemele ce se prezintă (după I.S.P.I.F., în „Metodologia”, vol. I IGFCOT, 1987), corespunzător celor patru tipuri de ploturi enunțate anterior (1°, 2°, 3°, 4°) se urmărește evidențierea:

– structurii și dimensiunilor „plot – fermă, asolament – solă”;

– suprafețelor ocupate de drumurile agricole de exploatare (în ha și %), în cadrul diferitelor tehnici de irigare-udare.

1. Exemple de scheme de amenajare și organizare a teritoriului irigat prin aspersiune, cu ploturi mici (fig. 4.13, a, b).

Aceste scheme de amenajare și organizare au următoarele caracteristici:

– stațiile de pompare (SPP) au acțiune bilaterală, față de canalul de distribuție (CD) și deservesc bilateral un număr de antene (2-4);

– traseul conductei principale (CP) este perpendicular pe CD<sub>1</sub>;

– instalațiile de udare au lungimea de 300 (400) m.

În figura 4.13, a, se prezintă un plot de irigație cu suprafața de 957,78 ha pe un sol cu textură mijlocie (lut, luto-argilos), format din 8 antene, cu lungimea de câte 1.944 m, distanța dintre antene fiind de 612 m.

În acest caz se pot stabili două asolamente de câmp sau furajere pentru două ferme, fie de 6 ani cu 6 sole de 79,32 ha, fie de 3 ani cu 3 sole de 158,63 ha fiecare.

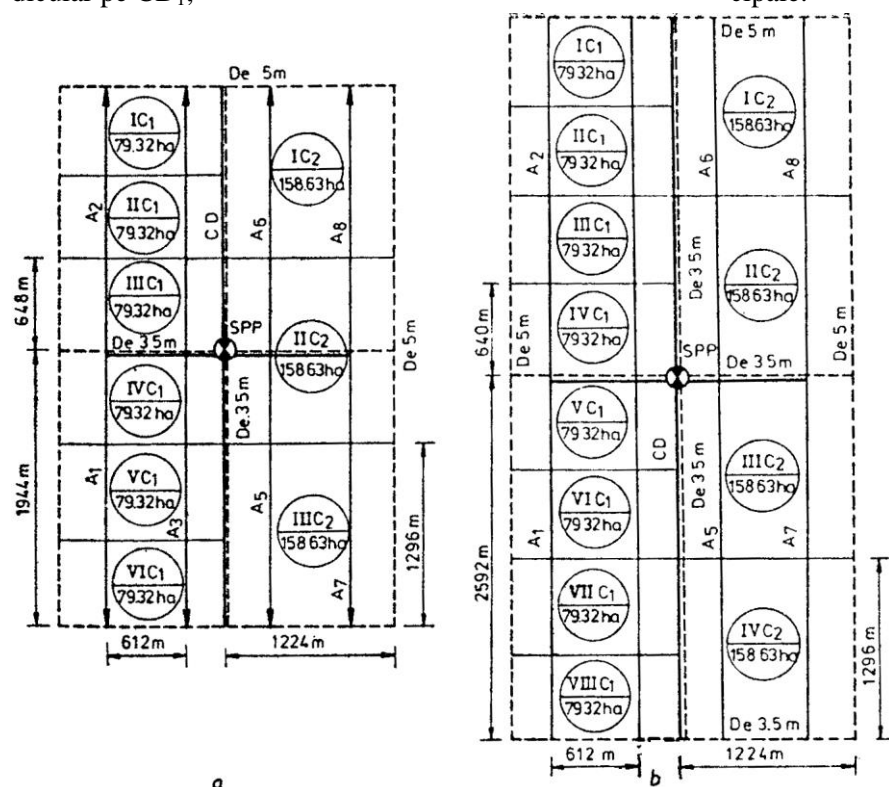
Fiecare fermă (asolament) va avea 475,89 ha.

În figura 4.13, b se prezintă un plot de irigație cu o suprafață de 1.269,04 ha, format din 8 antene de câte 2.592 m. În acest caz se pot organiza 2 ferme de câmp cu suprafața de 634,52 ha fiecare, pe care se pot întocmi fie un asolament de 8 ani cu 8 sole de 79,32 ha, fie un asolament de 4 ani cu 4 sole de 158,63 ha.

În figura 4.14, a se prezintă un plot de irigații cu suprafața de 1.658,88 ha pe un sol cu textură ușoară (nisip, nisipo-lutos) ce determină un ciclu de udare de 8 zile, format din 8 antene de câte 2.592 m, distanța dintre antene fiind de 800 m.

În acest plot se pot organiza 2 ferme (separate prin canalul de distribuție) a câte 829,44 ha fiecare, pe care se pot întocmi fie un asolament de 6 ani cu 6 sole de 138,24 ha, fie un asolament de 4 ani cu 4 sole de 207,36 ha.

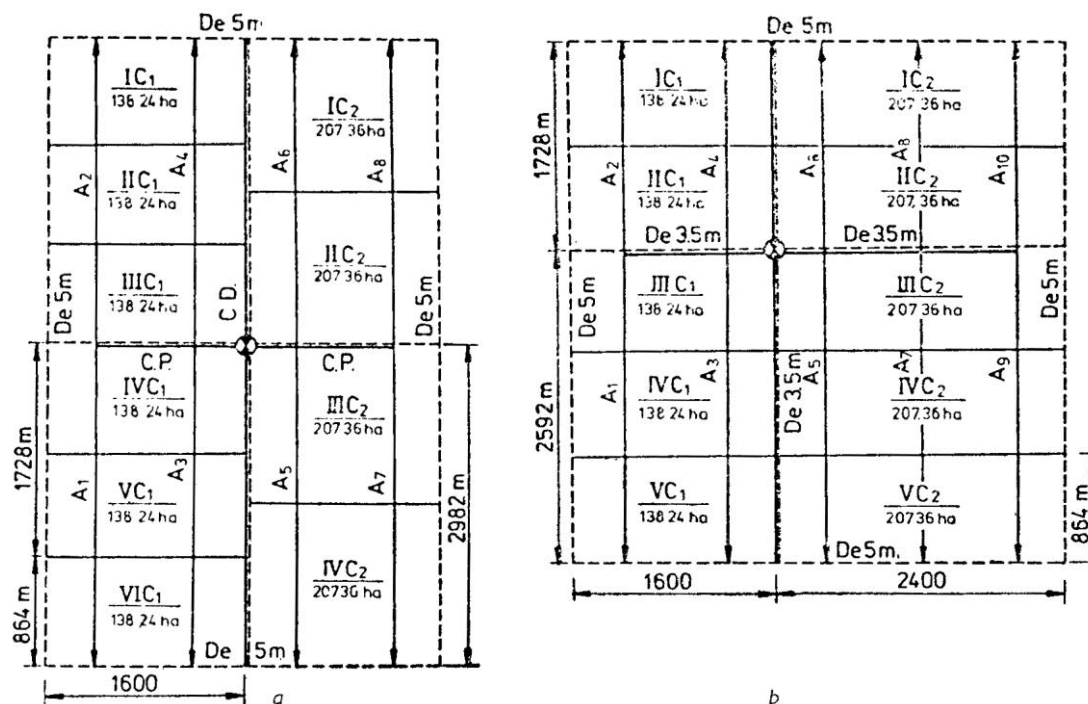
În figura 4.14, b este prezentat un plot cu 10 antene, din care 5 cu lungimea de 1.728 m și 5 cu lungimea de 2.592 m, dispuse altern pe cele 2 conducte principale.



**Fig. 4.13.** Scheme tip de amenajare și organizare a teritoriului în condiții de irigare – irigare prin aspersiune cu conducte subterane; distanța dintre antene: 612 m; ciclu de udare 12 zile; IATF 300 și IAT 300:

a) plotul de irigație: 957,78 ha = 2 ferme a 475,89 ha; ferma: asolament 6 (3) sole; sola medie 79,32 (158,63) ha; drumuri agricole de exploatare: 5,21 ha = 0,8%;

b) plotul de irigație: 1.269,04 – 2 ferme a 634,52 ha; ferma: asolament 8 (4) sole; sola medie 79,32 (158,63) ha; drumuri agricole de exploatare: 8,30 ha = 0,65%.



**Fig. 4.14.** Scheme de amenajare și organizare a teritoriului în condiții de irigare (irigare prin aspersiune cu conducte și stații de pompare și punere sub presiune; distanța între antene: 800 m; ciclu de udare: 8 zile; IATF 400 și IAT 300):

- a) plotul de irigație: 1.638,88 ha = 2 ferme a 829,44 ha; ferma: asolament 6 (4) sole; sola medie = 138,24 (207,36) ha; drumuri agricole de exploatare: 8,94 ha = 0,54%;
- b) plotul de irigație: 1.728,00 ha = 2 ferme a 691,20 + 1.036,80 ha; ferma: asolament 5 sole; sola medie = 188,24 (207,36) ha; drumuri agricole de exploatare: 8,58 ha = 0,5%.

Suprafața plotului de 1.728,00 ha poate fi organizată în 2 ferme (separate prin canalul de distribuție), inegale ca mărime, din care una de 691,20 ha – pe care se poate organiza un asolament de 5 ani cu 5 sole de 188,24 ha și cea de a 2-a fermă, de 1.036,80 ha, pe care se poate întocmi un asolament tot de 5 ani cu 5 sole a câte 237,36 ha fiecare.

2. Exemple de scheme de amenajare și organizare a teritoriului în terenurile irigate prin aspersiune – cu agregate electrice și antene monofilare (fig. 4.15, a, b, c).

Caracteristicile generale sunt:

- agregatul de pompare se amplasează pe malul canalului distribuitor (CD) și pompează apa cu presiune într-o antenă dispusă perpendicular pe CD;
- instalațiile de udare au lungimi de 300 (400) m.

În figura 4.15, a, b, c sunt prezentate 3 exemple de asemenea scheme.

În figura 4.15, a mărimea plotului este considerată egală cu mărimea fermei, având o suprafață de 522,08 ha, formată din 6 antene determinând 6 sectoare de irigație a 1.290 m lungime, distanța dintre antene este de 800 m, plotul poate fi organizat într-un asolament de câmp de 6 ani cu 6 sole, sola medie având 103,68 ha.

În figura 4.15, b un plot (fermă) are suprafața de 829,44 ha, format din 8 sectoare de irigație, deservite

de 8 antene cu lungimea de 1.296 m și distanța dintre antene 800 m, poate fi organizat într-un asolament de câmp de 4 ani cu patrii sole, sola medie având 207,30 ha.

În figura 4.15, c un plot (fermă) de 933,12 ha, divizat în 9 sectoare de irigație (lungimea antenei 1.296 metri, distanța între antene 800 m), poate fi organizat într-un asolament de câmp sau furajer de 6 ani cu 6 sole, sola medie având suprafața de 155,52 ha.

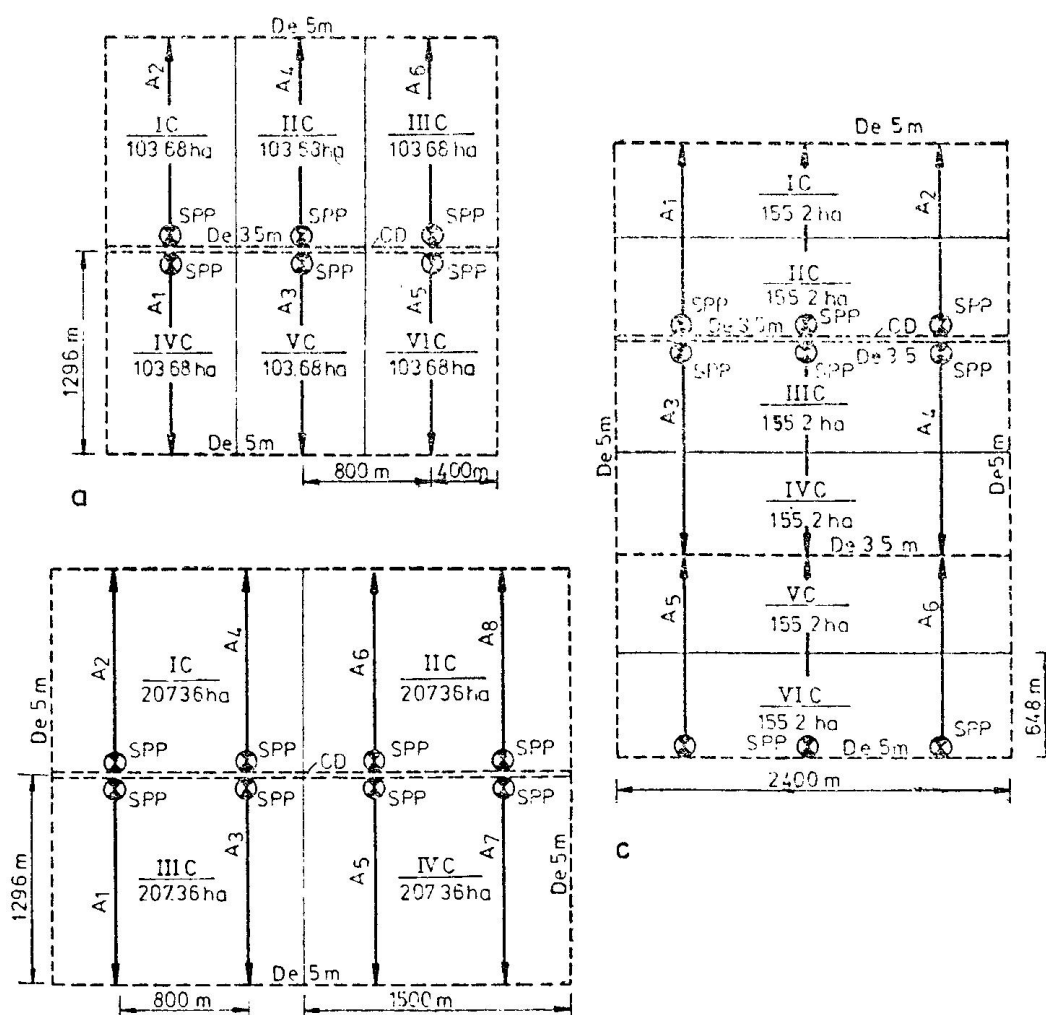
3. Exemple de scheme de amenajare și organizare a teritoriului, pe terenurile irigate cu instalații autodeplasabile cu pivot central (I.A.P. 450, figura 4.16, a, b, c, d, e, f).

Această instalație este mai puțin întâlnită, fiind încă costisitoare; prezintă avantajul de a nu mai folosi forța de muncă sau alte agregate pentru mutarea instalațiilor de udare.

În schemele 4.16, a, b, c, d, sunt arătate diferite moduri de dispunere a instalațiilor în cadrul unei sole.

Suprafața soarelui, în funcție de numărul de instalații, poate fi:

- 84,64 ha când se folosește o singură instalație;
- 169,28 ha când se folosesc 2 instalații;
- 315,884 ha când se folosesc 3 instalații dispuse în triunghi;
- 338,56 ha când se folosesc 4 instalații.



**Fig. 4.15.** Scheme tip de amenajare și organizare a teritoriului în condiții de irigare – irigare prin aspersiune cu agregate electrice, termice și antene monofilare; distanța dintre antene 800 m; ciclu de udare 12 zile; IATF 400 și IAT 300:

- ferma: 6 sectoare de irigație monofilare: 522,08 ha; asolamentul: 6 sole, sola medie = 103,68 ha; drumuri agricole de exploatare: 4,18 ha = 0,67%;
- ferma: 8 sectoare de irigație monofilare: 829,44 ha; asolamentul: 4 sole; sola medie = 207,36 ha; drumuri agricole de exploatare = 6,05 ha = 0,73%;
- ferma: 9 sectoare de irigație = 933,12 ha; asolamentul: 6 sole; sola medie 155,52 ha; drumuri agricole de exploatare = 5,66 ha = 0,61%.

În figura 4.16, f se prezintă un plot cu suprafața de 507,84 ha, organizat într-un asolament de 6 ani cu 6 sole, sola medie având suprafața de 84,64 ha.

4. Exemple de scheme de amenajare și organizare a teritoriului în terenurile irigate prin brazde (sau bivalență).

Față de elementul de ultim ordin al rețelei de irigație (poate fi canal, jgheab sau conductă) sunt 2 scheme generale de amenajare a irigațiilor prin brazde (fig. 4.17, a, b, c):

- Schema longitudinală – brazdele sunt perpendiculare pe ultimul element permanent al rețelei;
- Schema transversală – brazdele sunt paralele cu ultimul element permanent al rețelei.

În figura 4.17, a se prezintă un plot de irigație cu o suprafață de 829,44 ha, pe care se poate organiza un asolament de 4 ani cu 4 sole, sola medie având suprafața de 207,36 ha.

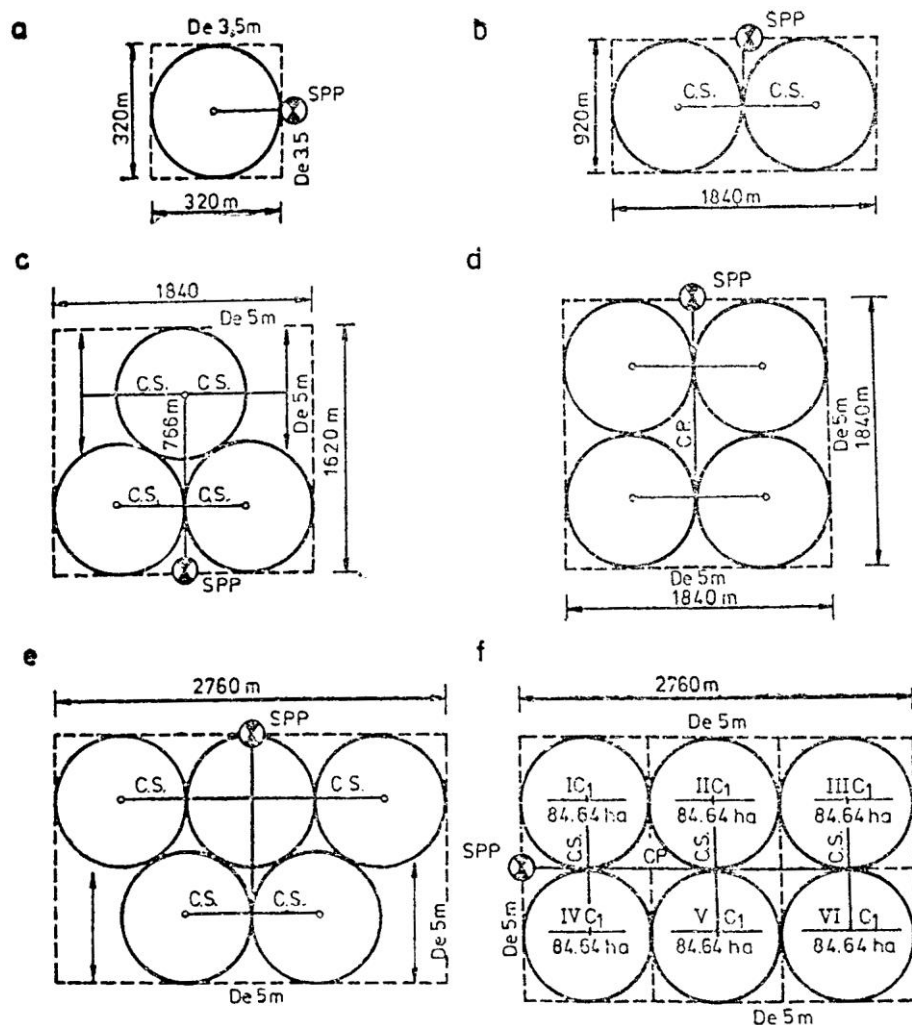
Distanța dintre conductele de transport este de 800 m, iar lungimea brazdelor este de 216 m.

În figura 4.17, b se prezintă un plot de irigație cu o suprafață de 829,44 ha organizat într-un asolament de 8 ani format din 8 sole, sola medie având 103,68 ha.

În figura 4.17, c se prezintă un plot de irigație cu o suprafață de 1.836,80 ha. organizat în 2 ferme a 618,40 ha.

În fiecare fermă se poate forma un asolament de 5 ani cu 5 sole, sola medie având suprafața de 103,68 ha.





**Fig. 4.16.** Scheme tip de amenajare și organizare a teritoriului în condiții de irigare – irigarea prin aspersiune cu instalații autodeplasabile cu pivot central; I.A.P. 450:

a) sector de irigație = 66,44 ha; sola de cultură = 84,64 ha; suprafața de udare cu alte instalații suplimentare = 18,20 ha; drumuri de exploatare 0,65 ha = 0,77%;

b) 2 sectoare de irigație = 132,88 ha; sola de cultură = 169,28 ha; suprafața de udare cu instalații suplimentare = 36,40 ha; drumuri agricole de exploatare 0,87 ha = 0,37%;

c) 3 sectoare de irigație = 189,32 ha; sola de cultură = 315,88 ha; suprafața de udare cu instalații suplimentare = 116,56 ha; drumuri agricole de exploatare 1,28 ha = 0,55%;

d) 4 sectoare de irigație = 265,76 ha; sola de cultură = 338,56 ha; suprafața de udare cu instalații suplimentare = 72,80 ha; drumuri agricole de exploatare = 1,84 ha = 0,54%;

e) 5 sectoare de irigație = 332,20 ha; sola de cultură = 473,82 ha; suprafața de udare cu instalații suplimentare = 141,62 ha; drumuri agricole de exploatare 2,24 ha = 0,47%;

f) 6 sectoare de irigație = 507,84 ha; ferma = asolament 6 sole; sola = sector = 84,64 ha; suprafața de udare cu instalații suplimentare: 109,20 ha; drumuri agricole de exploatare: 3,88 ha = 0,76%.

În toate soluțiile prezentate suprafețele ocupate de drumuri se înscriu sub 1% din suprafața totală a plotului, cu variații între 0,47% (fig. 4.16, e) și 0,8% (fig. 4.13, a).

## 2° Corelarea lucrărilor de desecare

După ISPIF în aceeași metodologie I.G.F.CO.T 1987, aspectele generale ce trebuie urmărite în corelarea lucrărilor de desecare – drenaj, cu organizarea teritoriului, sunt:

- schema hidrotehnică a sistemului de desecare – drenaj va folosi la maxim condițiile naturale ale zonei (reliefului);
- suprafața ocupată de lucrări va fi minimă;
- realizarea de sectoare desecate în suprafața de 20-60 ha și formă rectangulară (dreptunghi, trapez);
- asigurarea posibilităților de mecanizare a tuturor proceselor de producție din interiorul sectorului de desecare, care poate fi echivalent cu o solă a asolamentului;

– asigurarea unui regim în dependent de curgere a apei pentru fiecare sector în parte (fiecare sector să aibă canalul propriu de colectare-evacuare);

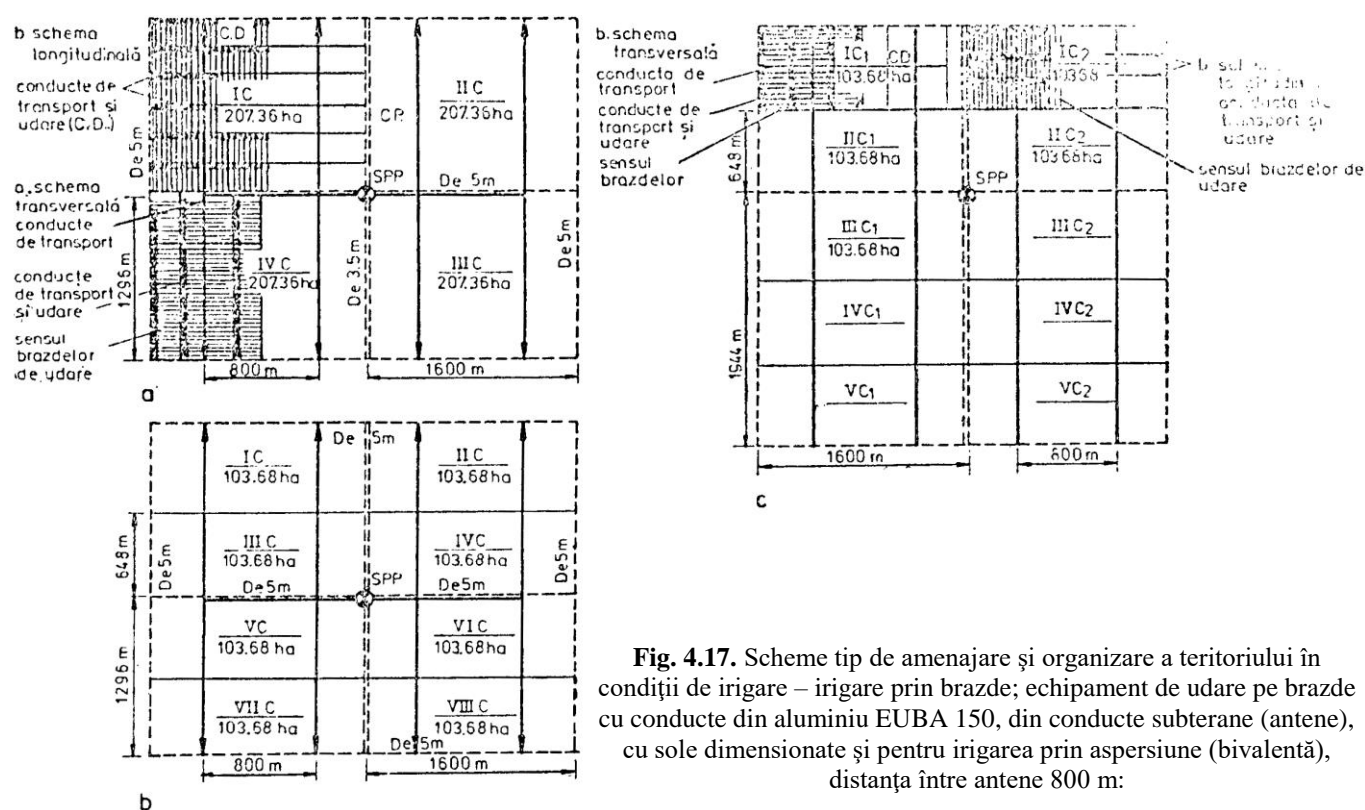
– elementul de desecare-regularizare din interiorul sectorului vor fi de tip provizoriu sau de tip închis, pentru a nu împiedica mecanizarea muncilor agricole;

– dimensionarea canalelor de colectare și evacuare (colectoarele de sector) se va face uniform pentru toate sectoarele, avându-se în vedere regimul de apă al culturilor predominante din asolamente;

– canalele de colectare și evacuare se duc pe cât posibil paralele între ele, la distanțe de circa 300-400 m, cu lungimi de 1.000-1.500 m;

– delimitarea unităților, fermelor, asolamentelor, soletor prin hotare formate din căi de comunicație, canale etc., astfel încât să se asigure cerințele de exploatare a sistemelor hidrotehnice și a sistemelor de mașini;

– amplasarea și dimensionarea rețelei de drumuri agricole cu o completare a rețelei de drumuri de interes general, pentru a asigura:



**Fig. 4.17.** Scheme tip de amenajare și organizare a teritoriului în condiții de irigare – irigare prin brazde; echipament de udare pe brazde cu conducte din aluminiu EUBA 150, din conducte subterane (antene), cu sole dimensionate și pentru irigarea prin aspersiune (bivalentă), distanța între antene 800 m:

- a) plotul de irigație: ferma 829,44 ha; asolament 4 sole, sola medie 207,36 ha; drumuri agricole de exploatare = 680 ha = 0,75%;  
 b) plotul de irigație: ferma 829,44 ha; asolament 8 sole, sola medie 103,68 ha; drumuri agricole de exploatare 8,28 ha = 0,75%;  
 c) plotul de irigație: 1.836,88 ha, 2 ferme a 618,40 ha; ferma: asolament 5 sole; sola medie 103,63 ha; drumuri agricole de exploatare 7,88 ha = 0,68%.

– accesul în fiecare solă și parcelă;  
 – exploatarea eficientă a sistemului hidroameliorativ;

– ocuparea unor suprafețe minime;  
 – corelarea între rețelele de desecare și irigare pentru a asigura suprapunerea limitelor ploturilor de irigare pe canalele de desecare;

– realizarea perpendicularității hotarelor în cadrul unităților mari pe canalele de desecare, pentru a rezulta forme teritoriale corespunzătoare exploatării agricole, seturilor de udare, tractării mecanizate a ariilor de udare etc.

Exemplificând, în figura 4.18 se prezintă o suprafață amenajată (405 ha) cu lucrări de drenaj corelată cu măsurile de organizare a teritoriului.

Sectoarele de drenaj au o suprafață de 45 ha.

Lungimea drenurilor colectoare poate fi de 1.500 m sau 1.120 m, iar distanța dintre drenurile colectoare 300 m respectiv 400 m.

Pe această suprafață se propune organizarea a 2 ferme din 5 (4) sole: ferma C<sub>1</sub>, cu suprafața de 225 ha, poate fi organizată într-un asolament de 5 ani cu 5 sole; ferma C<sub>2</sub>, cu suprafața de 180 ha, poate fi organizată într-un asolament de 4 ani cu patru sole.

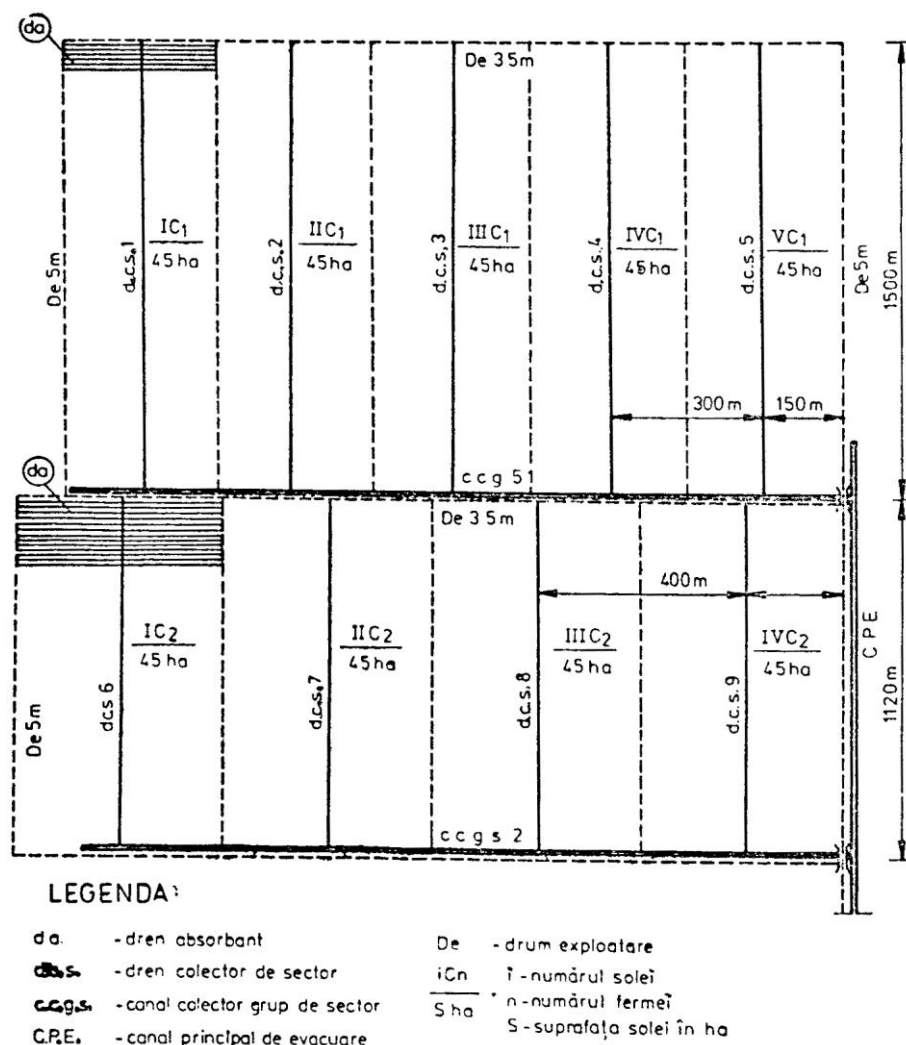
Drumurile în exploatare ocupă o suprafață care

reprezintă 0,64% din suprafața totală supusă amenajării prin desecare (plot de desecare).

#### 4.3.2. UNELE RAȚIONALIZĂRI ÎN ADOPTAREA SOLUȚIILOR DE REȚELE DESCHISE (CANALE, JGHEABURI) ȘI ACUMULĂRI (BARAJE) SUBTERANE PENTRU IRIGAȚII ÎN CONTEXTUL REDUCERII SUPRAFEȚELOR OCUPATE

Referirile din acest subcapitol privesc canalele cu profil rectangular și jgheaburile supratereane (problema acumulărilor subterane este prezentată în cap. 5.1.2, interesând și irigațiile și alimentările cu apă).

În viziunea prezentei lucrări, care dezvoltă aspecte noi și de raționalizări în irigații și drenaje și în 4.3.2 atenția va fi reținută nu de problemele comune ale tehnicii canalelor și jgheaburilor – suficient de analizate în lucrările clasice – ci de aspectele care facilitează și documentează adoptarea soluțiilor cu canale rectangulare și jgheaburi, precum și unele analize comparative pentru adoptarea anumitor tipuri de jgheaburi (ca secțiuni, mod de rezervare etc.).



**Fig. 4.18.** Schema tip de amenajare a teritoriului cu lucrări de drenaj, în corelare cu organizarea teritoriului (dren absorbant PVC rîflat Ø 60 mm; distanța dintre drenurile absorbante 25 m); suprafața amenajată: 405 ha, 2 ferme: C<sub>1</sub> = 225 ha, C<sub>2</sub> = 180 ha; ferma: asolament 5 (4) solee; sola medie: 45 ha; suprafața ocupată de drumurile agricole de exploatare 2,6 ha (0,64%).

Reducerea suprafețelor de teren ocupate de rețele de canale cu profile rectangulare sau de jgheaburi, față de rețelele cu profile trapezoidale (în rambleu, debleu sau semirambleu, semidebleu) fiind evidentă, în cele ce urmează se va concentra atenția asupra acestora, dar, și în acest domeniu, numai asupra aspectelor de „raționalizare”.

#### 4.3.2.1. Problema canalelor. Analiză tehnico-economică comparativă între cele două forme de secțiuni de canale: trapezoidale și dreptunghiulare

##### 1° Generalități asupra formelor de secțiuni curente

Gospodărirea rațională a fondului funciar și creșterea suprafeței impune, ca obiectiv important, ocuparea

unor suprafețe cât mai mici de elementele lucrărilor hidroameliorative.

În acest context, suprafața amprizei canalelor de irigații și desecări constituie tema analizei ce urmează.

Tehnica irigației din țara noastră utilizează, aproape în exclusivitate, canale de secțiune trapezoidală.

Panta taluzului interior și exterior în funcție de caracteristicile geotehnice are valorile uzuale redată în tabelele 4.7 și 4.8.

Garda canalelor se ia 15-30% din adâncimea apei și variază între 20 și 100 cm.

Lățimea la coronament a digurilor ( $a = 0,15 + h$ ), ajunge, din condiții tehnologice de execuție a căptușelilor și de exploatare și la 3-4 m. Căptușeala canalelor depășește nivelul normal cu 10-20 cm.

Forma tip a secțiunilor este redată în figura 4.19.

Deși tendința este de a folosi secțiuni apropiate de profilul hidraulic optim (pentru debit dat secțiunea este minimă), prin înclinarea taluzelor se ajunge la suprafețe considerabile scoase din circuitul agricol.

Reducerea amprizei se poate realiza prin utilizarea canalelor de secțiune dreptunghiulară, cu profil hidraulic optim sau apropiat,

executate din zidărie, beton armat sau alte materiale (prefabricate).

Secțiunile specifice vor avea configurația din figura 4.20.

**Tabelul 4.7.** Înclinarea taluzelor canalelor trapezoidale cu profil în umplutură și mixt

Geotehnia terenului	$Q = 2-10 \text{ m}^3/\text{s}$		$Q = 0,5-2 \text{ m}^3/\text{s}$		$Q < 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	
	taluz interior	taluz exterior	taluz interior	taluz exterior	taluz interior	taluz exterior
Argilă, lut, lut argilos	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,75
Lut nisipos	1,25	1,00	1,25	1,00	1,00	1,00
Nisip lutos	1,50	1,25	1,50	1,25	1,25	1,00
Nisip	2,0	1,75	1,75	1,50	1,50	1,25

Tabelul 4.8. Înclinarea taluzelor canalelor trapezoidale cu profil în săpătură

Geotehnia terenului	Când adâncimea apei este:		
	1 m	1-2 m	2-3 m
Argila, lut, lut argilos	1,00	1,00	1,25
Lut nisipos	1,25	1,25	1,50
Nisip lutos	1,50	1,50	1,75
Nisip	1,75	2,0	2,25

## 2° Analiză tehnico-economică comparativă

Pentru justificarea soluției de adoptare a secțiunii dreptunghiulare, în vederea reducerii suprafeței scoase din circuit, în cele ce urmează se face (J. Bartha – dr. ing. Institutul Politehnic Iași, 1987) o analiză comparativă a canalelor cu secțiuni trapezoidale și dreptunghiulare. Exemplul este luat pentru:  $n = 0,014$  și  $n = 0,016$ , pante cuprinse între  $i = 0,1-1,5\%$ , debit  $Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$  în toate cazurile, garda canalului fiind considerată aceeași  $h_s = 0,3 \text{ m}$ .

Canalele s-au dimensionat la profil hidraulic optim, apoi s-au recalculat pentru lățime la fund rotunjită la valori tehnologice.

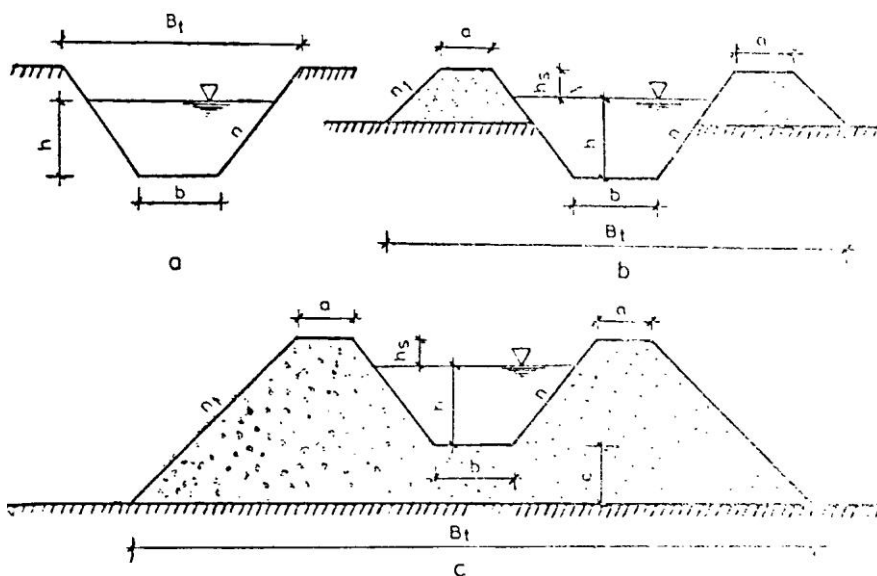


Fig. 4.19. Forma tip a secțiunii canalelor trapezoidale.

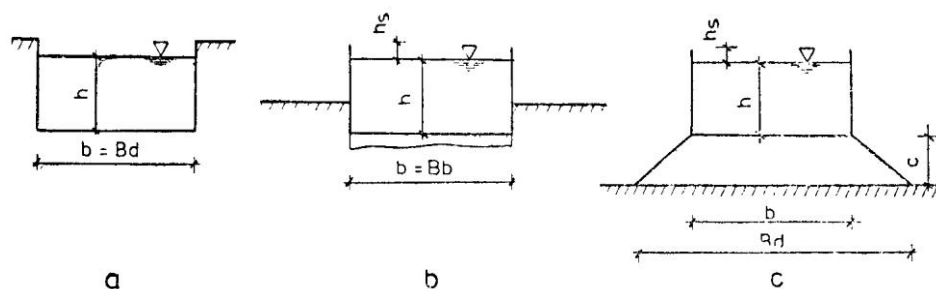


Fig. 4.20. Forma tip a secțiunii canalelor dreptunghiulare.

Elementele comparative ale secțiunii trapezoidale ( $t$ ) și dreptunghiulare ( $d$ ) pentru debleu sunt prezentate în tabelul 4.9.

Trecerea de la canale trapezoidale la cele dreptunghiulare realizează economii la săpături de 5-30%, la perimetru până la 25%, iar la suprafața ocupată de canal de 60-150%. Economii cresc cu creșterea înclinării taluzului și a pantei și rămân practic independente de rugozitate.

În cazul secțiunilor mixte, comparația corespunde situației când volumul de săpătură și de umplutură sunt echilibrate. Umplutura digulețelor fiind relativ mică, lățimea la coronament s-a considerat  $a = 1,0 \text{ m}$  (tabelul 4.10).

Economiile de terasament în acest caz sunt mai mici (până la 9%), la perimetru se mențin valorile anterioare, însă ampriza se reduce substanțial între 150-300%, permițând economii de teren de 0,5-1,1 ha/km.

Pentru secțiunile executate în umplutură s-a considerat  $c = 0$ , iar coronamentul canalului trapezoidal carosabil ( $a = 3 \text{ m}$ ). Și pe lângă canalul dreptunghiular s-au considerat două drumuri de exploatare cu lățimea de 3 m. Elementele comparative ale celor două secțiuni rezultă din tabelul 4.11.

Volumul specific de umplutură la secțiunile trapezoidale este cu  $14-33 \text{ m}^3/\text{m}$  mai mare decât la cea dreptunghiulară, pe când perimetrul păstrează caracteristicile anterioare.

Reducerea relativă a amprizei de 58-134% este mai mică decât la secțiunea mixtă, fiindcă s-au luat în calcule și drumurile de exploatare pe marginea ambelor canale. În valoare absolută, economia de suprafață ocupată de canal și drum este de 0,5-1,40 ha/km, aceasta crește cu scăderea pantei și cu creșterea pantei taluzelor.

Economiile de terasamente, pereu și teren scos din circuitul agricol justifică realizarea secțiunilor dreptunghiulare chiar din beton de rezistență. Realizarea mai lesnicioasă și mai bună a etanșărilor reduce pierderile de apă prin infiltrație, iar micșorarea suprafeței luciului apei reduce pierderile de evaporare, crescând randamentul global al canalului.

**Tabelul 4.9.** Comparația parametrilor canalului trapezoidal (t) față de cel dreptunghiular (d) pentru secțiunea în debleu, la pante  $i = 0,1-1,5\%$ 

Mărimea comparată	m	n		Observații
		0,011	0,016	
Volum specific de săpătură relativă $W_t/W_d$ (%)	1,0	5,3-9,8	4,8-9,4	S-a considerat coronamentul canalului la nivelul terenului
	1,5	12,3-19,1	11,7-19,2	
	2,0	20,4-29,8	20,1-28,3	
Perimetru relativ $P_t/P_d$ (%)	1,0	-(2,2-0,1)	-(2,2-0,1)	Pentru $P_t/P_d$ s-a considerat perimetrul total al canalului
	1,5	8,4-11,7	8,3-11,5	
	2,0	21,6-26,2	21,6-25,3	
Reducerea relativă a prizei $B_t/B_d$ (%)	1,0	64,3-67,2	59,5-68,5	
	1,5	102,5-109,7	97,0-110,8	
	2,0	140,5-150,4	134,0-150,8	
Reducerea suprafeței ocupate de canal (ha/km)	1,0	0,26-0,17	0,25-0,18	
	1,5	0,41-0,27	0,24-0,29	
	2,0	0,56-0,38	0,58-0,39	

**Tabelul 4.10.** Comparația parametrilor canalului trapezoidal (t) față de cel dreptunghiular (d) pentru secțiune mixtă  $i = 0,5-1,5\%$ 

Mărimea comparată	m/m <sub>1</sub>	n		Observații
		0,011	0,016	
Volum specific de săpătură relativă $W_t/W_d$ (%)	1,0/1,0	-2,2-0,5	-0,9-0,4	Pentru $P_t/P_d$ s-a considerat perimetrul total al canalelor
	1,50/1,25	0,7-3,5	2,3-2,7	
	2,00/1,75	6,2-8,3	6,6-8,6	
Perimetru relativ $P_t/P_d$ (%)	1,0/1,0	-2,2- -0,1	-2,2- -0,4	
	1,50/1,25	8,4-11,7	8,3-14,5	
	2,00/1,75	21,6-26,2	21,6-25,3	
Reducerea relativă a amprizei $B_t/B_d$ (%)	1,0/1,0	166-196	157-195	
	1,50/1,25	212-245	202-245	
	2,00/1,75	267-305	255-303	
Reducerea suprafeței ocupate de canale (ha/km)	1,0/1,0	0,67-0,49	0,68-0,51	
	1,50/1,25	0,85-0,61	0,87-0,64	
	2,00/1,75	1,07-0,76	1,10-0,79	

**Tabelul 4.11.** Comparația parametrilor canalului trapezoidal (t) față de cel dreptunghiular (d) pentru secțiune în umplutură,  $i = 0,1-1,5\%$ 

Mărimea comparată	m/m <sub>1</sub>	n		Observații
		0,011	0,016	
Volum specific de umplutură la canal trapezoidal $W_t$ (m <sup>3</sup> /m)	1,0/1,0	26,1-14,6	28,0-15,2	Pe ambele maluri ale canalelor s-a considerat un drum de exploatare de $a = 3m$ .
	1,5/1,25	28,4-15,3	30,1-16,0	
	2,0/1,75	30,9-16,4	33,4-17,1	
Perimetru relativ $P_t/P_d$ (%)	1,0/1,0	-2,2- -0,1	-2,2- -0,4	Pentru $P_t/P_d$ s-a considerat perimetrul total.
	1,5/1,25	8,4-11,7	8,3-11,5	
	2,0/1,75	21,6-26,2	21,6-25,3	
Reducerea relativă a amprizei $B_t/B_d$ (%)	1,0/1,0	73,9-57,2	74,0-57,7	Pentru canal dreptunghiular umplutură este decopertată.
	1,5/1,25	98,5-76,5	98,5-78,8	
	2,0/1,75	132,5-103,5	133,7-105,8	
Reducerea suprafeței ocupate de canale (ha/km)	1,0/1,0	0,74-0,49	0,76-0,50	
	1,5/1,25	0,99-0,65	1,02-0,68	
	2,0/1,75	1,32-0,88	1,38-0,91	

### 4.3.2.2. Problema jgheaburilor

Extinderea amenajărilor pentru irigații, cu posibilități de exploatare conform parametrilor din proiect, impune specialiștilor sarcini mari și complexe, în care se poate înscrie chiar revizuirea unor puncte de vedere privind Schema hidro-tehnică – rețeaua de transport și destinația.

Jgheaburile ca soluție de transport și distribuție a apei până la cele mai diverse folosințe reprezintă o soluție salutară și prin posibilitățile industrializării acestora, prefabricării în perioadele de iarnă și montării în perioadele când timpul permite.

La acest aspect al execuției în regim industrializat, adăugând avantajele înscrise de reducerea sau eliminarea pierderilor de apă, de reducerea terenurilor sustrase de la folosințe agricole, prin înlocuirea canalelor de pământ cu jgheaburi de beton armat prefabricat, precum și ușurința de exploatare, fac ca tehnica irigației prin jgheaburi să fie total reconsiderată.

Aspectele funcționale care în procesele de exploatare reclamă antrenarea unei importante forțe de muncă pot fi simțitor simplificate prin introducerea automatizării pe rețelele de jgheaburi.

Rețele de jgheaburi din beton armat precomprimat sau din alte materiale, fiind mult folosite în tehnica contemporană a irigațiilor din diverse țări – (îndeosebi acolo unde transportul și distribuția apei reclamă măsuri energice de reducere a pierderilor prin infiltrații și măsuri tehnice, care să conducă spre o cât mai largă mecanizare și automatizare în procesul de exploatare) – apare ca deosebit de utilă și la noi reconsiderarea acestei tehnici. Aceasta trebuie făcută în contextul cerințelor moderne referitoare la industrializarea largă a construcțiilor, tipizarea elementelor, automatizarea proceselor, precum și reducerea consumurilor de materiale și energie, de forță de muncă în execuție și exploatare, de suprafețe scoase din circuitul agro-economic prin canalele deschise din pământ etc.

Verificarea în producție pe o perioadă de timp limitată, urmată de o analiză prea sumară asupra defecțiunilor

ivate în exploatarea unor linii de jgheaburi a condus la formularea unei opinii defavorabile din partea unor specialiști asupra importanței și rolului pe care îl poate avea „jgheabul” în tehnica transportului și distribuției apei pentru irigații, a aprovizionării și alimentării cu apă în agricultură și în alte sectoare.

Defecțiunile ivite în timpul exploatării sau construcției, fie legate de etanșarea insuficientă a rosturilor, fie de deteriorarea jgheaburilor în timpul transportului, execuției, montării și funcționării, precum și unele deficiențe legate de racordarea biefurilor, traversarea obstacolelor, derivațiile în elementele de ordin inferior și altele, au conlucrat la întreruperea sau încetinirea ritmului de echipare a sistemelor hidroameliorative cu jgheaburi.

Totuși, pe plan mondial, această soluție de transport și distribuție a apei – prin jgheaburi – se bucură de o largă extindere și diversificare, atât în irigații cât și în alimentarea cu apă a centrelor agrozootehnice, fapt ce atestă importanța pe care trebuie s-o aibă în continuare această tehnică.

Pentru a aduce unele contribuții în revitalizarea concepției asupra jgheaburilor, precum și pentru a fixa niște limite de folosire optimă a acestora, se vor da în continuare condițiile tehnice (hidraulice și de rezistență) și economice, pentru diferitele tipuri de jgheaburi.

Rețelele de irigații cu jgheaburi pot satisface următoarele cerințe tehnice și economice:

- efectuarea unor investiții cât mai mici în amenajări și deci obținerea unei eficiențe economice ridicate;
- scoaterea din circuitul agricol a unor suprafețe cât mai mici, în urma execuției rețelor;
- folosirea judicioasă a apei și energiei prin reducerea la minimum a pierderilor;
- asigurarea execuției la un grad ridicat de mecanizare și industrializare;
- protecția și îmbunătățirea situației hidrogeologice și hidrosaline a terenurilor irigate.

Ca părți componente, aceste rețele cuprind, în afară de liniile de jgheaburi propriu-zise, o serie de construcții și accesorii de subtraversări, căderi, stăvile, prize etc.

Sistemele echipate cu rețele de jgheaburi se situează, în general, pe terenuri cu relief puțin accidentat; în terenuri denivelate sau cu pante mari, construcția rețelei cu jgheaburi este neeconomică, datorită mării numărului de construcții și accesorii.

Unele sisteme de irigații folosesc jgheaburile ca elemente de distribuție pentru debite mici, iar la debite mari utilizează canale. Pe traseul aceluiași element de transport al apei pot fi folosite atât jgheaburile, cât și canalele de pământ, dacă orografia impune acest lucru.

Ca element de transport, jgheabul poate fi folosit în cadrul sistemelor de irigații pornind de la canalul principal, până la ultimele elemente ale rețelei permanente.

Nu trebuie neglijate posibilitățile de adaptare a liniilor de jgheaburi la regimul de funcționare automatizată, deoarece pierderile de apă se reduc mult, prin introducerea instalațiilor adecvate acestui scop: modul cu mască, vane hidraulice automate, sifoane de descărcare etc., care asigură menținerea volumelor de automatizare.

Sistemele moderne de irigații vor trebui să asigure apa necesară atât agriculturii, cât și celorlalți consumatori; pentru debite de 2-3 m<sup>3</sup>/s, se pot folosi curent în distribuție rețele de jgheaburi. Derivațiile pe jgheaburi pot satisface nevoile de apă pentru centre agro-zootehnice mici și mijlocii și chiar pentru unele unități industriale.

### 1° Tipuri de jgheaburi

La noi în țară, soluția folosirii jgheaburilor a debutat în anul 1963 (Sistemul de irigații Stoenesti – Vișina), extinzându-se în anii următori în sistemele de irigații Jegălia, Calafat – Băilești, Carasu, Terasa Brăilei, Gălățui – Călărași.

Au fost folosite jgheaburi pe terenurile cu neuniformități mici sau cu condiții hidrogeologice critice privind pericolul de înmlăștinare și salinizare.

Peste hotare, jgheaburile se utilizează pe scară largă în sisteme de irigații. O mare extindere se înregistrează în fosta U.R.S.S. (Golodnaia Stepi), Italia, Algeria, China, unde sunt folosite și ca apeducte\*.

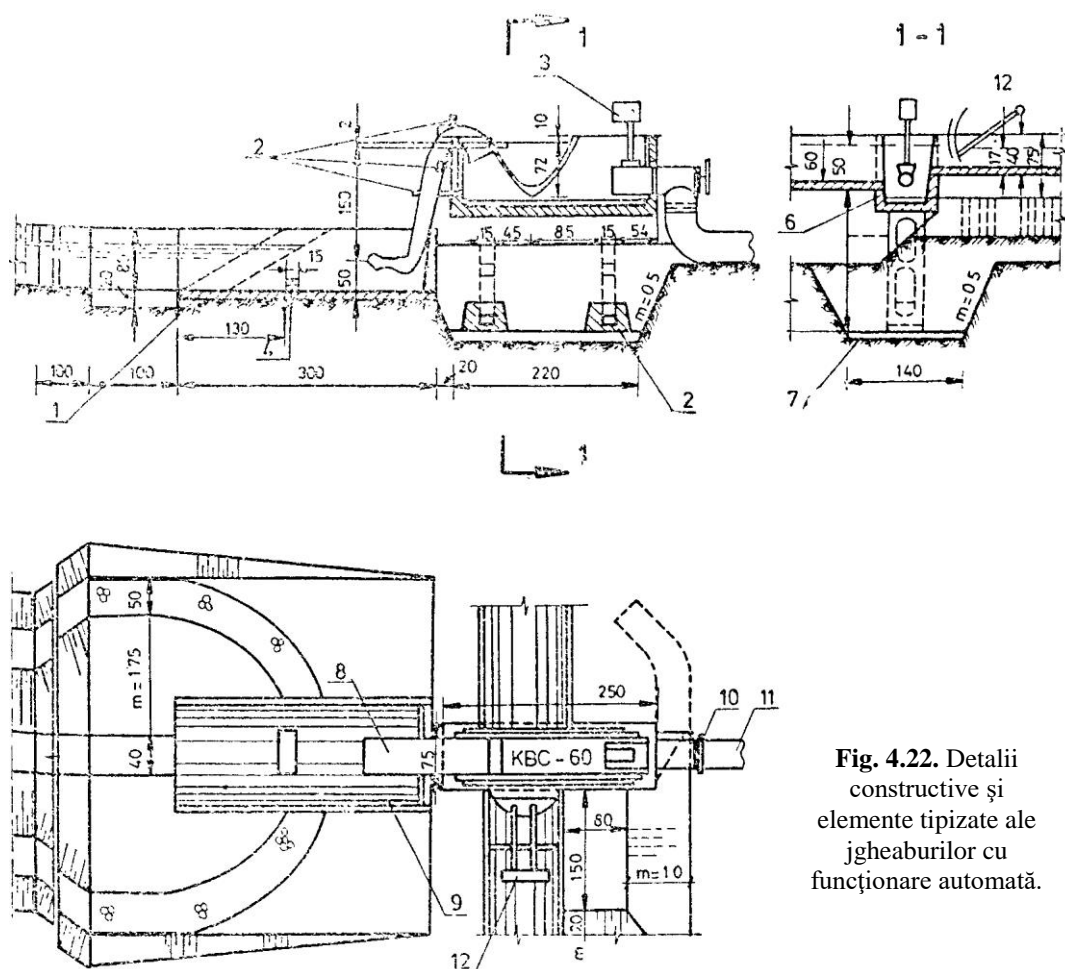
În U.R.S.S. rețelele de jgheaburi străbat cele mai diferite terenuri sub aspectul reliefului și al permeabilității.

Se folosesc jgheaburi cu capete profilate și rezemate în consolă care permit o bună etanșare (fig. 4.21). Utilizarea lor a fost extinsă la alimentarea cu apă a livezilor de pomi fructiferi, a fermelor zootehnice și a centrelor populate rurale.



Fig. 4.21. Jgheaburi în consolă (Golodnaia Stepi).

\* V. Blidaru, „Scheme hidrotehnice complexe”, Editura Tehnică, 1986.



**Fig. 4.22.** Detalii constructive și elemente tipizate ale jgheaburilor cu funcționare automată.

În Italia gama de tipuri de jgheaburi s-a diversificat foarte mult, fiind catalogate în prezent 21 de tipuri de jgheaburi din beton armat și 21 de tipuri din beton armat precomprimat (fig. 4.22).

Catalogul elaborat pentru aceste tipuri consideră ca limite extreme ale pantelor longitudinale valorile 0,1-10‰. În ultima vreme se fabrică tipuri de jgheaburi ce pot transporta până la 8 m<sup>3</sup>/s (fig. 4.23).

Tehnica transportului și distribuției apei prin jgheaburi este atât de dezvoltată, încât impedimentele ce le înscriu orografia terenului, capacitățile de transport, diferențele altimetrice și eventualele obstacole întâlnite sunt preluate prin soluții variate și ingenioase ca cele prezentate în figurile 4.24, a, b și 4.25.

În Franța se folosesc jgheaburi parabolice și semi-circulare, îndeosebi la transportul debitelor mici de apă.

În Statele Unite și Germania există tendința înlocuirii canalelor provizorii și a celor distribuitoare de sector cu jgheaburi portabile din aluminiu și polietilenă densă. Acestea rămân pe câmp toată perioada de vegetație.

La noi în țară au fost proiectate jgheaburi cu secțiune parabolică având următoarele caracteristici:

– ecuația parabolei interioare:

$$y = 2,5x^2$$

– ecuația parabolei exterioare:

$$y = 2,33x^2$$

– ecuația parabolei armăturii:

$$y = 2,4x^2$$

Tipurile de jgheaburi folosite în mod frecvent sunt de trei categorii:

1. Jgheaburi din beton armat monolit, executate cu secțiune dreptunghiulară, trapezoidală sau semi-circulară. Liniile construite cu astfel de jgheaburi sunt prevăzute cu rosturi de dilatație la distanțe de 20-25 m, dispuse, în general, în dreptul reazemelor de pe furci (v. fig. 4.24).

2. Jgheaburi din beton armat prefabricate, care prezintă avantajul de a putea fi executate în

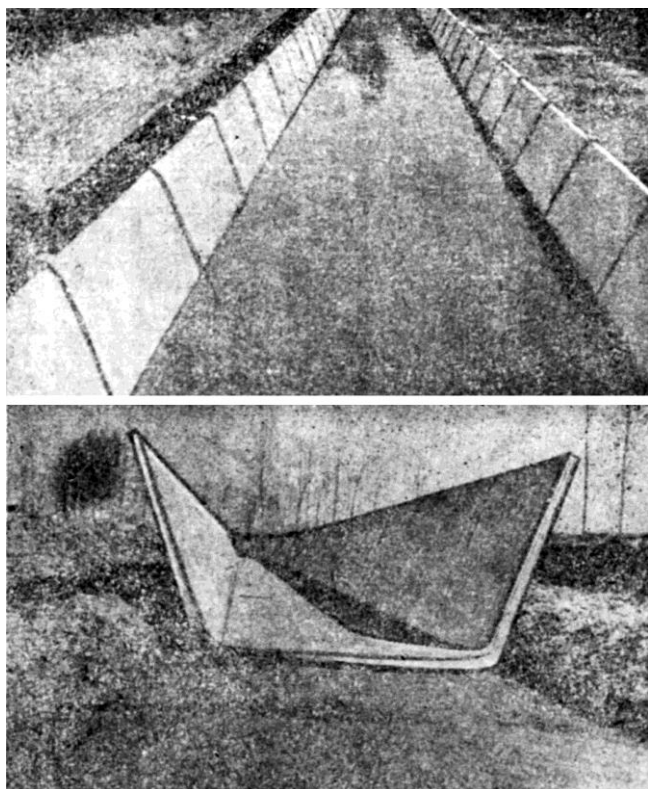
poligoane speciale sau în fabrici. Aceste tipuri au lungimi de 5-8 m, în scopul de a nu depăși greutatea cerută de condițiile de transport și punere în operă.

3 Jgheaburi din beton precomprimat, care prezintă greutatea specifică scăzută față de primele două tipuri datorită rezistenței sporite. Aceste jgheaburi au secțiuni transversale parabolice și semieliptice.

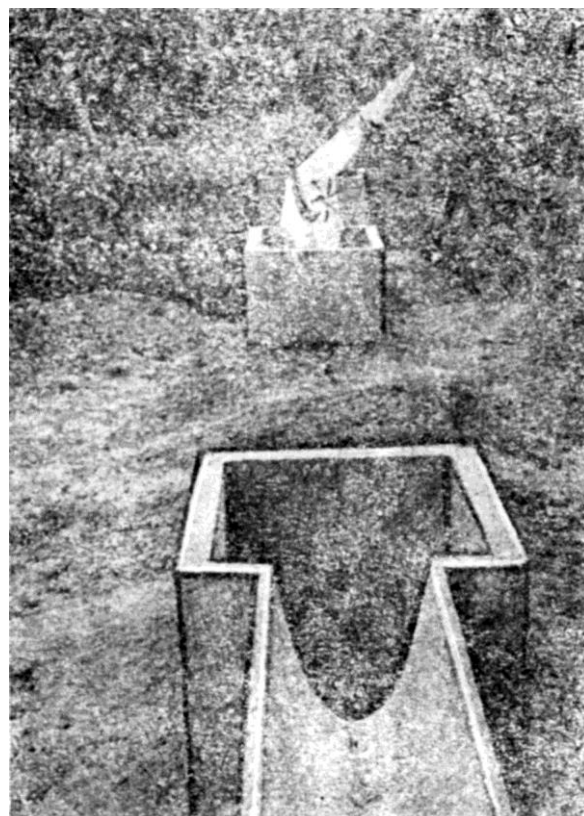
Jgheaburile cu secțiune parabolică (fig. 4.26 și tabelul 4.12) sunt mai mult utilizate în sistemele de irigații de la noi din țară.

În ceea ce privește traseele optime ale liniilor de jgheaburi, tehnica folosirii jgheaburilor în transportul și distribuția apei reclamă investiții inițiale mari, motiv pentru care trebuie căutate soluții de satisfacere a cât mai multor beneficiari. Datorită poziției lor constructive, jgheaburile asigură distribuția bilaterală (scurtarea lungimii specifice a rețelei de transport), putându-se adapta tendinței actuale de captare în curent liber sau barat și transportat gravitațional al apei. În condițiile folosirii rețelei de jgheaburi pe terenuri de luncă și câmpie se pot respecta riguros cerințele de organizare a teritoriului, în concordanță cu necesitatea unei tehnici moderne de mecanizare.

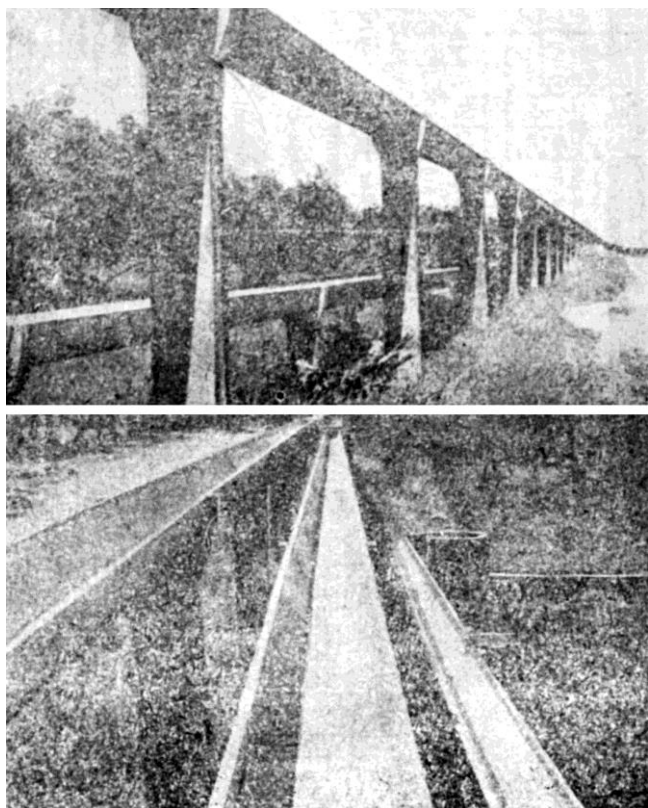




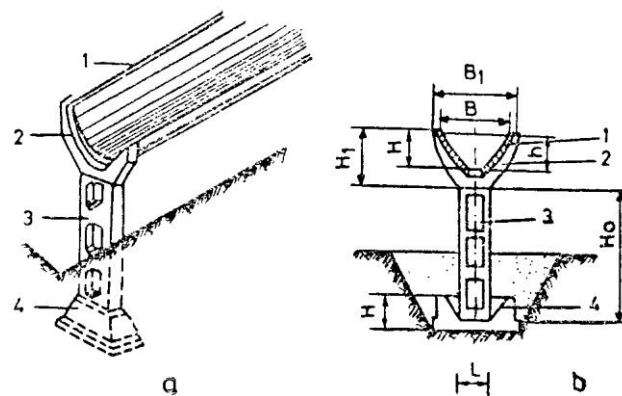
**Fig. 4.23.** Canal de debit mare (circa 8 m<sup>3</sup>/s) construit din jgheaburi prefabricate din beton armat.



**Fig. 4.25.** Sifon coborât la intersecția liniei de jgheaburi cu un obstacol (drum de exploatare).



**Fig. 4.24. a, b.** Linii de jgheaburi secundare situate la înălțimi mici față de celelalte principale. Se văd și condițiile de sprijinire și derivații.



**Fig. 4.26.** Caracteristici constructive ale jgheaburilor parabolice folosite în România.

**Tabelul 4.12.** Dimensiuni constructive ale jgheaburilor parabolice

Înălțimea jgheabului (cm)	Deschiderea jgheabului (cm)	Grosimea jgheabului		Greutatea jgheabului (kg/buc.)
		jos (cm)	sus (cm)	
10	80,0	5,0	5,5	1.100
60	98,0	6,0	5,5	1.850
80	113,2	6,5	5,8	2.500
100	126,1	7,0	6,6	3.500

În procesul de stabilire a traseelor optime, din punct de vedere tehnic și economic, este important să se țină seama de criteriile ca:

- valoarea suprafețelor optime deservite de o linie de jgheaburi;
- poziția sursei de apă față de beneficiarii ei;
- posibilitățile de automatizare ale rețelei de jgheaburi;
- condițiile de stabilitate a fundațiilor;
- permeabilitatea și gradul de salinitate ale terenului etc.

## 2° Elemente hidraulice comparative ale diverselor tipuri de jgheaburi

Sub aspect hidraulic interesează calculul și compararea valorilor capacității de transport ale diverselor tipuri de jgheaburi:

- jgheaburi parabolice, cu parametrul parabolei  $p = 0,2$ , alese ca martor, datorită faptului că sunt mai cunoscute și se fabrică la noi în țară (a).
- jgheaburi semieliptice, cu raportul semiaxelor de 2; 1,8; 1,6; 1,4; 1,2 (c).

În calcule hidraulice comparative au fost alese patru înălțimi ale jgheabului, și anume:  $h = 0,40$  m;  $h = 0,60$  m;  $h = 0,80$  m;  $h = 1,00$  m. S-a considerat, de asemenea, cazul cel mai defavorabil, când jgheabul este plin cu apă. Au fost calculate elementele hidraulice intermediare și în final modulul de debit, pe baza căruia s-a făcut comparația.

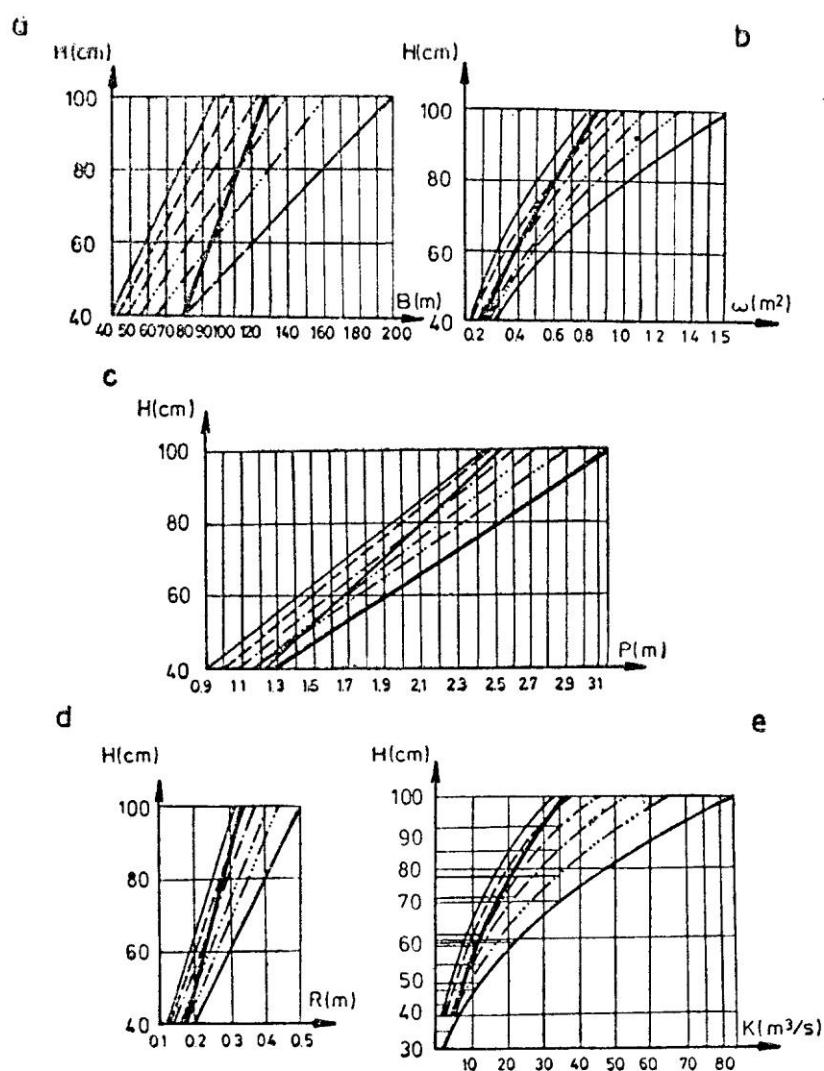
Calcululele sunt centralizate în tabelul 4.13 și pe baza lor s-au întocmit diagramele  $B = f(H)$ ,  $w = f(H)$ ,  $P = f(H)$ ,  $R = f(H)$ ,  $K = f(H)$ , din figura 4.27, a, b, c, d, e.

Pe baza reprezentărilor grafice s-a făcut analiza comparativă a elementelor hidraulice ale diferitelor tipuri de jgheaburi, rezultând unele concluzii legate de capacitatea de transport, dimensiunile optime, secțiunea optimă din punct de vedere tehnic.

## 3° Rezistența și stabilitatea diferitelor tipuri de jgheaburi

Calculul static și de rezistență a fost făcut în două ipoteze de rezemare a jgheabului (I. Stef):

- considerarea jgheabului ca o grindă simplu rezemată pe capete (fig. 4.28).
- considerarea jgheabului ca o grindă cu console,



### LEGENDA:

- jgheab semieliptic  $K_e = 2$
- jgheab semieliptic  $K_e = 1,8$
- - - jgheab semieliptic  $K_e = 1,6$
- · · jgheab semieliptic  $K_e = 1,4$
- jgheab semieliptic  $K_e = 1,2$
- jgheab semicircular
- jgheab parabolic

**Fig. 4.27.** Diagrame pentru analiza comparativă a elementelor geometrice și hidraulice:

- a) variația lățimii  $B$  la gură a jgheabului în funcție de înălțimea  $H$ ;  $B = f(H)$ ;
- b) variația secțiunii udate a jgheabului  $w$ , funcție de înălțimea  $H$ ;  $w = f(H)$ ;
- c) variația perimetrului udat  $P$  în funcție de înălțimea  $H$ ;  $P = f(H)$ ;
- d) variația razei hidraulice  $R$  în raport cu înălțimea  $H$ ;  $R = f(H)$ ;
- e) variația capacității de transport  $K$  în raport cu înălțimea  $H$ ;  $K = f(H)$ .

dispușe astfel încât momentul din reazem să fie egal cu cel din câmp (fig. 4.29).

În ambele variante s-au urmărit trei etape de calcul:

- calculul și determinarea caracteristicilor statice;
- dimensionarea longitudinală a jgheabului;
- calculul de rezistență al jgheabului.

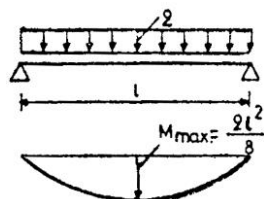
**Tabelul 4.13.** Centralizatorul calculelor hidraulice – varianta I

Tip jgheab parametrii Ecuția	Înălțimea jgheabului $H$ (m)	Lățimea la gură $D$ (m)	Secțiunea udată $\omega$ (m <sup>2</sup> )	Perimetrul udat $P$ (m)	Raza hidraulică $R$ (m)	Coeficientul Chezy $c$	Modul de debit $K$ (m <sup>3</sup> /s)
Parabolic $x^2 = 2py$ $p = 0,2 \rightarrow$ $y = 2,5 \times 2$	0,40	0,80	0,213	1,1842	0,180	65,60	5,93
	0,60	0,98	0,392	1,625	0,241	68,20	13,10
	0,80	1,132	0,003	1,054	0,294	70,10	22,90
	1,00	1,264	0,842	2,272	0,341	71,30	35,10
Semicircular $x^2 + (y - r)^2 - r^2 = 0$ $H = r$ $B = 2r$	0,40	0,80	0,251	1,256	0,20	66,50	7,46
	0,60	1,20	0,566	1,885	0,30	70,40	21,81
	0,80	1,60	1,010	2,512	0,40	73,30	46,40
	1,00	2,00	1,570	3,14	0,50	75,70	84,00
Semieliptic $\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$ $k_e = \frac{a}{b} a = H$ $B = 2b = 2 \frac{a}{k_e}$	$k_e = 2,0$	0,40	0,40	0,125	0,918	0,136	2,86
		0,60	0,60	0,283	1,450	0,195	8,26
		0,80	0,80	0,502	1,930	0,260	17,65
		1,00	1,00	0,785	2,420	0,325	31,80
	$k_e = 1,8$	0,40	0,444	0,139	0,996	0,138	3,25
		0,60	0,666	0,314	1,490	0,197	9,26
		0,80	0,888	0,558	1,990	0,280	20,60
		1,00	1,112	0,872	2,490	0,350	37,10
	$k_e = 1,6$	0,40	0,50	0,157	1,021	0,154	3,93
		0,60	0,75	0,353	1,554	0,227	11,25
		0,80	1,00	0,628	2,070	0,304	24,40
		1,00	1,25	0,982	2,590	0,379	44,00
	$k_e = 1,4$	0,40	0,572	0,179	1,082	0,165	4,70
		0,60	0,856	0,403	1,620	0,245	13,62
		0,80	1,140	0,710	2,160	0,332	29,50
		1,00	1,428	1,120	2,700	0,415	53,00
	$k_e = 1,2$	0,40	0,668	0,209	1,150	0,181	5,83
		0,60	1,00	0,471	1,730	0,272	17,00
		0,80	1,334	0,837	2,310	0,303	36,50
		1,00	1,666	1,310	2,900	0,452	65,60

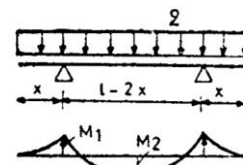
Elementele secțiunii de calcul sunt prezentate în figura 4.30.

Pentru ambele ipoteze de calcul, rezultatele sunt centralizate în tabelele 4.14 și 4.15.

În figura 4.31 se indică pentru un jgheab parabolic cu  $H = 100$  cm și  $K = 35,10$  m<sup>3</sup>/s toate elementele necesare caracteristicilor statice și de rezistență.



**Fig. 4.28.** Schema de rezemare a jgheabului considerat ca o grindă simplu rezemată.



$$M_1 = M_2 \Rightarrow 2 \frac{x^2}{2} = \frac{2l}{8} (l-x) \Rightarrow x = 0,206l$$

**Fig. 4.29.** Schema de rezemare a jgheabului considerat ca o grindă cu console.

Pe baza rezultatelor obținute au fost reprezentate grafic volumul de beton, cantitatea de armătură și greutatea totală pentru tipurile de jgheaburi studiate, în cele două ipoteze de calcul, ceea ce a permis să fie trase concluzii asupra tipurilor de jgheaburi cu consumul cel mai mic de materiale și cu stabilitatea cea mai bună.

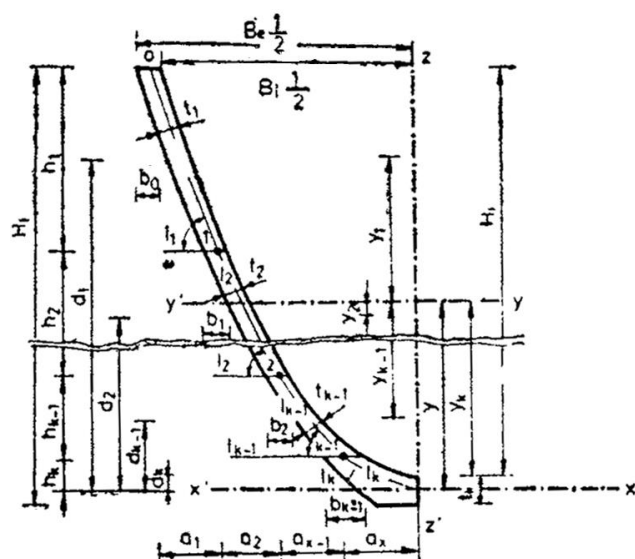


Fig. 4.30. Secțiune transversală prin jgheab. Schema pentru calculul static și de rezistență

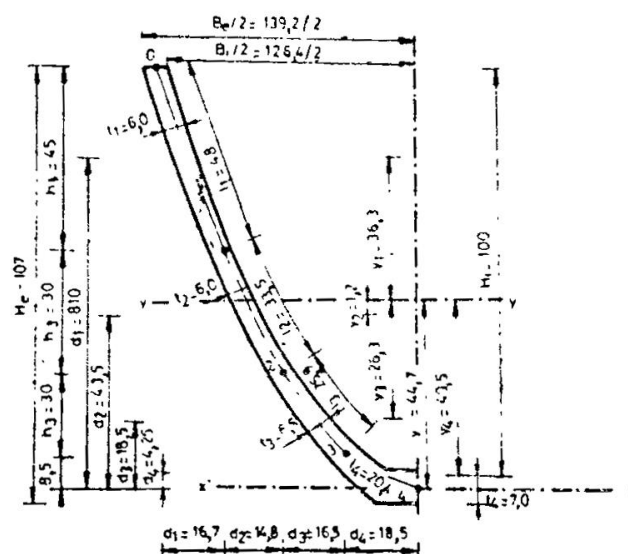


Fig. 4.31. Secțiune transversală prin jgheabul parabolic:  
\$H = 100\$; \$B = 126,40\$ cm.

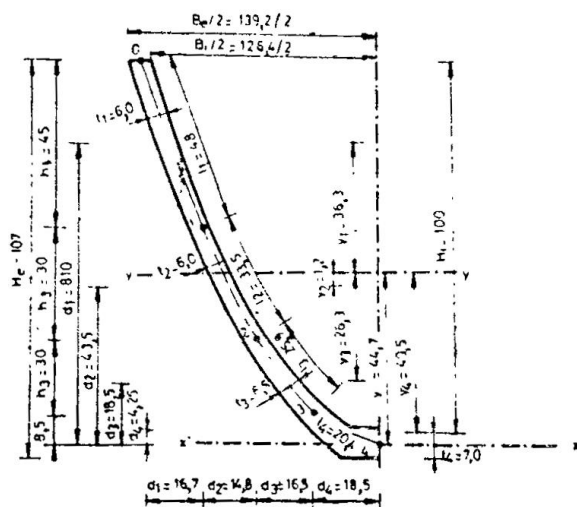
Tabelul 4.14. Calculul static și de rezistență al jgheaburilor mici \$K = 5,93\$ m<sup>3</sup>/s

Elemente caracteristice	Punct, U/M	Jgheaburi parabolice	Jgheaburi semieliptice			Jgheaburi semicirculare
			\$K_e = 1,0\$	\$K_e = 1,1\$	\$K_e = 1,2\$	
Moment maxim rezemare	tf·m	2,8976	2,856	2,928	2,968	2,904
Eforturi unitare normale (kg/cm <sup>2</sup> )	0	54,20	54,10	66,50	74,50	81,10
	1	-1,79	-	2,46	-5,11	-9,03
	2	-28,70	-26,90	-30,80	-30,40	-39,10
	3	-42,10	-38,10	-45,50	-47,70	-47,50
Forțe unitare normale \$S_k\$ (kgf/cm)	0	-	-	-	-	-
	1	19,00	20,30	23,20	25,10	26,10
	2	12,24	14,26	16,83	16,26	16,50
	3	-3,30	-	0,05	0,11	-0,20
Forțe tăietoare \$T_k\$ (kgf)	0	-	-	-	-	-
	1	374,00	406,00	411,50	541,00	497,50
	2	298,40	328,70	382,60	371,30	356,60
	3	79,20	120,50	114,00	119,10	118,00
Momente încovoietoare (plan) \$M_0\$ (tf·m)	0	-	-	-	-	-
	1	0,006145	0,005775	0,001400	-0,004323	0,006070
	2	0,022400	0,022400	0,023490	-0,016040	0,021440
	3	0,012000	0,018900	0,044750	-0,042520	0,039840
Momente încovoietoare (spațial) \$M_i\$ (tf·m)	0	-	-	-	-	-
	1	-0,006145	-0,005775	-0,004406	-0,004323	-0,006070
	2	-0,017280	-0,016620	-0,007940	-0,008120	-0,010680
	3	-0,023100	-0,022300	-0,019150	-0,008340	-0,010840
Greutatea armăturii transversale	kg/buc.	6 Ø 6	6 Ø 6	5 Ø 6	3 Ø 6	4 Ø 6
		13,40	13,60	10,80	6,40	8,40
Greutatea armăturii longitudinale	kg/buc.	16 Ø 4	13 Ø 4	14 Ø 4	15 Ø 4	14 Ø 4
		12,70	10,30	11,10	11,90	11,10
TOTAL	kg/buc.	26,10	23,90	21,90	18,30	19,50

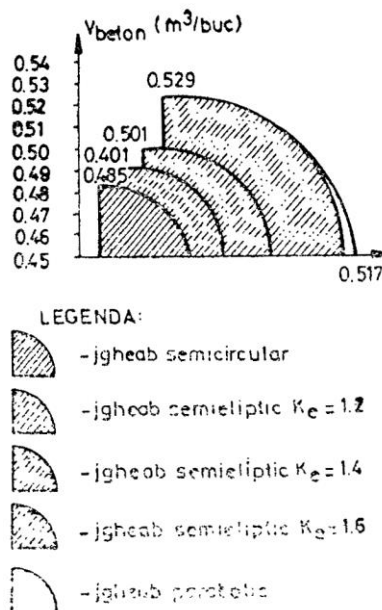
**Tabelul 4.15.** Calculul static și de rezistenți al jgheaburilor mici 5,93 m<sup>3</sup>/s

Elemente caracteristice	Punct U/M	Jgheaburi parabolice	Jgheaburi semieliptice			Jgheaburi semicirculare
			$K_e = 1,6$	$K_e = 1,4$	$K_e = 1,2$	
Moment maxim de rezistență	tf·m	0,500	0,492	0,503	0,511	0,500
Eforturi unitare normale $\delta_k$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0	9,36	9,31	11,40	13,78	13,95
	1	-0,31	-	0,42	-0,95	-1,55
	2	-4,95	-1,61	-5,30	-6,72	-6,74
	3	-7,99	-6,56	-7,84	-8,84	-8,16
Forțe unitare normale $S_k$ (kgf/cm)	0	-	-	-	-	-
	1	3,28	3,76	4,00	4,64	4,50
	2	2,10	2,72	2,90	3,02	3,84
	3	-0,58	0,26	0,01	0,03	0,98
Forțe tăietoare $T_k$ (kgf)	0	-	-	-	-	-
	1	64,60	70,00	70,60	100,0	103,00
	2	61,58	61,40	61,40	68,60	61,60
	3	13,40	25,10	25,10	22,30	34,40
Moment încovoietor (plan) $M_0$ (tf·m)	0	-	-	-	-	-
	1	0,006145	0,005775	0,004406	0,004323	0,006070
	2	0,02240	0,022400	0,023490	0,016040	0,021440
	3	0,012000	0,048900	0,044750	0,042520	0,039840
Moment încovoietor (spațial) $M_i$ (tf·m)	0	-	-	-	-	-
	1	-0,006145	-0,005775	-0,004406	-0,004323	-0,00607
	2	-0,02152	-0,0223	-0,014650	-0,00902	-0,01854
	3	-0,03878	-0,04428	-0,03984	-0,03618	-0,0340
Greutatea armăturii transvers.	kg/buc.	706	706	706	706	706
		15,60	15,90	15,20	14,90	14,60
Greutatea armăturii longitudinale	kg/buc.	8 Ø 4	8 Ø 4	8 Ø 4	8 Ø 4	8 Ø 4
		6,35	6,35	6,35	6,35	6,35
TOTAL	kg buc.	21,95	22,25	21,55	21,15	20,95

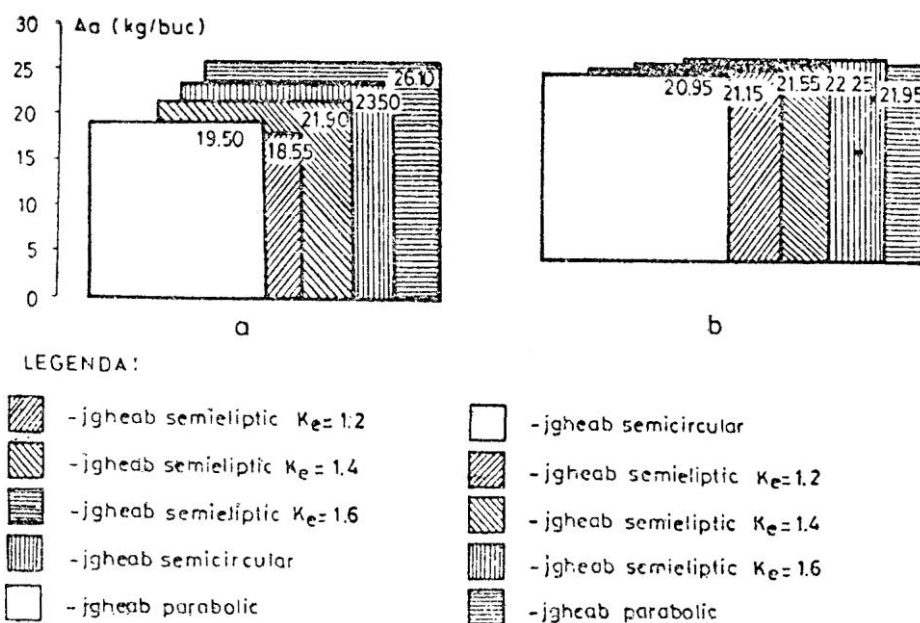
În figurile 4.32; 4.33, a, b; 4.34 a, b se dau câteva diagrame referitoare la volumul de beton, cantitatea de armătură și greutatea totală a jgheaburilor.



**Fig. 4.31.** Secțiune transversală prin jgheabul parabolic:  
 $H = 100$ ;  $B = 126,40$  cm.



**Fig. 4.32.** Reprezentarea grafică a volumului de beton pentru jgheaburile mici



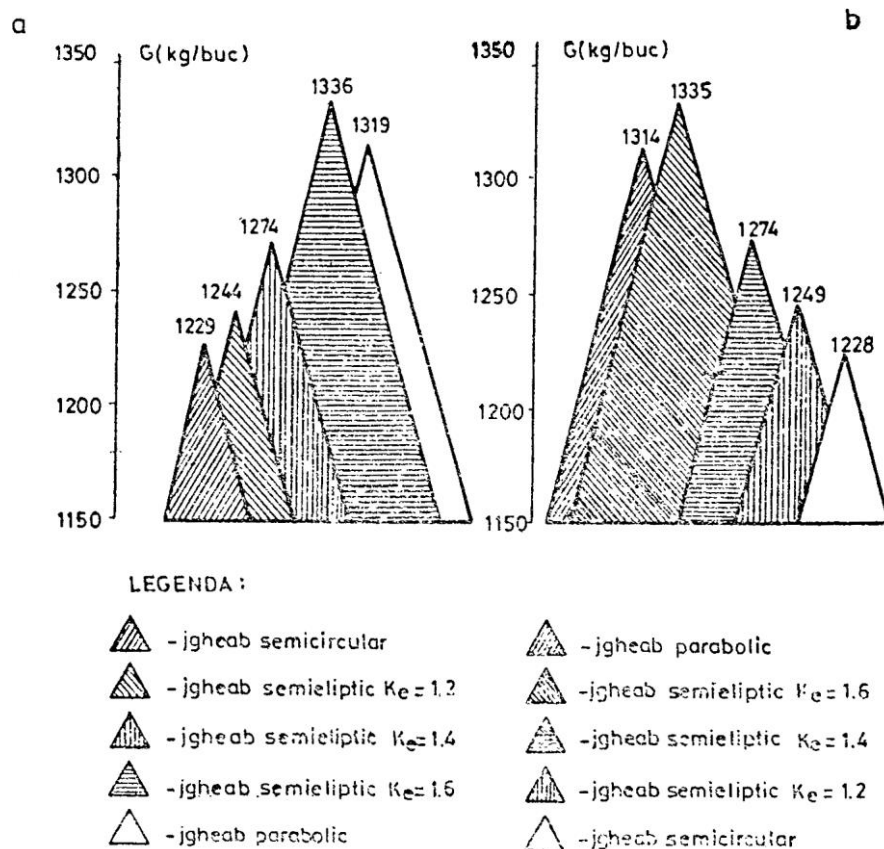
#### 4° Soluții constructive și parametrii funcționali

Rețelele de transportul apei prin jgheaburi realizate în țara noastră au folosit soluția de „rezemare pe capete”, elementele de rezemare fiind constituite din stâlpi și furci. În ipoteza unei funcționări corecte a fundațiilor și stâlpilor de susținere (absența tasărilor), deplasările capetelor de jgheab sunt minime, asigurându-se o stabilitate mare a rostului.

Ca elemente de susținere de capăt, furcile limitează rostul în planul transversal, normal, constituind partea lui inferioară, fapt avantajos în cazul folosirii materialelor de rostuire care în faza inițială sunt vâscoase, deci pot curge. Experiența a dovedit că principalul neajuns al realizării rosturilor în zona de reazem este faptul că datorită pierderilor de apă ale rostului, terenul de fundație se înmoaie producând tasări care amplifică pierderile, putându-se ajunge în final chiar la prăbușirea jgheabului. Totuși, acest tip de rezemare permite aplicarea unui număr însemnat de soluții privind realizarea rostului.

În scopul studierii comportamentului liniilor de jgheaburi, în cadrul Laboratorului de irigații și drenaje al Facultății de Hidrotehnică din I.P. Iași s-a amenajat o platformă echipată cu o rețea de jgheaburi (fig. 4.35)\*.

A fost studiată atât comportarea jgheaburilor cât și a etanșărilor realizate cu diferite materiale cum ar fi: smoala, bitumul, mortarul de ciment, elastochit Romtix 175. Din studiul efectuat a reieșit că rosturile de tip rigid se comportă nesatisfăcător, iar cele de tip elasto-plastic necesită refacere de 1-3 ori pe an, fapt care duce la un consum însemnat de manoperă, datorită tehnologiilor des-



\* Blidaru V., Chirilă Alex. Comunicare la Seminarul de Automatizări ASAS., Buc, 1975.

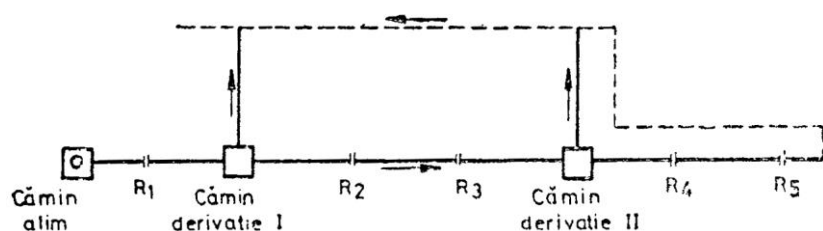


Fig. 4.35. Rețeaua de jgheaburi de pe standul Laboratorului de Irigații și Drenaje ale I.P. Iași.

tul de complicate de realizare. Pe baza observațiilor făcute se impune executarea de noi tipuri de rosturi; o metodă rațională este cea care permite execuția rostuirii odată cu montarea jgheaburilor, fapt care duce la eliminarea consumurilor suplimentare de manoperă. Aceasta se poate realiza prin folosirea elementelor de cauciuc\* sau mase plastice sub formă de garnituri (fig. 4.36).

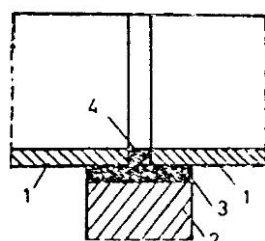


Fig. 4.36. Îmbinarea cu platbandă de cauciuc: 1 – jgheaburi; 2 – furcă; 3 – platbandă de cauciuc; 4 – inel de cauciuc.

Acest tip de etanșare prezintă avantajul de a putea fi ușor înlocuită la îmbătrânirea cauciucului prin ridicarea cu câțiva centimetri a ambelor capete ale jgheaburilor. Pe de altă parte sunt posibile micile deplasări ale capetelor, produse prin contracție și dilatare sau încărcare și descărcare repetată a jgheabului cu apă. Cea mai importantă condiție pusă profilelor de cauciuc ar fi creșterea rezistenței la îmbătrânire și la acțiunea agenților cu care vine în contact, ceea ce ar duce la o durată sporită de exploatare a rostului și la micșorarea cheltuielilor de întreținere.

Soluția „rezemare în consolă” presupune sprijinirea unui jgheab pe două furci; dacă din punct de vedere static și de rezistență, soluția este avantajoasă, analizând problema îmbinării se poate observa că rostul se realizează „în câmp” (v. fig. 4.21) și nu este limitat la partea inferioară, decât dacă se profilează capetele jgheabului sub formă de semimufă (asemănător cu conductele PREMO). Datorită subțiririi accentuate a peretelui, profilarea capetelor sale ar crea dificultăți în transport și manipulare măbind procentul de pierderi tehnologice. În același timp deplasările mici ale furci-

lor se transmit amplificat la capetele consolelor, fapt care are repercusiuni asupra stabilității rostului.

### 5° Necesitatea unor noi prefabricate de jgheaburi cu parametrii ridicați și care să permită automatizarea

Observațiile făcute la exploatarea liniilor de jgheaburi au demonstrat acțiunea intensă a factorilor externi (temperatura, umezeala) asupra prefabricatului; aceștia produc modificări structurale în masa betonului și formarea de fisuri care generează pierderi importante de apă. Este necesară deci perfecționarea tehnologiei de execuție a prefabricatelor, astfel încât să rezulte o rezistență mai mare la gelivitate a betonului din masa acestora. Un rol deosebit în ceea ce privește durabilitatea jgheabului îl are armătura. Observațiile de până acum, completate cu cercetarea de teren și laborator, au demonstrat că apariția fisurilor în masa betonului duce la distrugerea prematură a armăturii prin coroziune, deci la scoaterea jgheabului din funcțiune; apariția fisurilor caracterizează gradul de deformare a jgheabului. Se recomandă însă adoptarea criteriului apreciere a deformării prin săgeata de încovoiere, a cărei valoare, prin limitarea sa, poate duce la preîntâmpinarea apariției fisurilor.

Determinarea deformațiilor jgheaburilor trebuie să se efectueze la intervale de timp prestabilite în procesul de exploatare prin măsurarea săgeții.

Se recomandă ca pentru mărirea rezistenței la gelivitate a betonului pentru jgheaburi, la prepararea acestuia să fie folosite adausuri generatoare de aer, ca de exemplu, praful de aluminiu. Datorită formării porilor cu aer se produce o redistribuire a presiunilor interne din masa betonului întărit și se dă o anumită elasticitate a acestuia.

Tot în scopul mării rezistenței jgheaburilor prefabricate, este bine să se acorde o atenție deosebită calității cofrajelor folosite în sensul de a fi rigide și ermetice pentru a asigura stratul de acoperire a armăturii, respectiv pentru a preîntâmpina slăbirea mărcii betonului prin curgerea laptelui de ciment.

În urma calculelor hidraulice și de rezistență ale jgheaburilor rezultă necesitatea diversificării tipurilor dimensionale, aplicate la jgheaburile semieliptice, care oferă următoarele avantaje:

- capacitatea de transport mare;
- tensiuni scăzute în masa jgheabului;
- economie de material (în special armătură);
- posibilități mai bune de realizare a cofrajelor.

De asemenea, micșorarea lungimii jgheabului ar duce la un consum sporit de material în elementele de sprijin și în rosturi, dar ar oferi avantaje nete în ceea ce

\* În Uzbekistan (Golodnaia Step) se folosesc garnituri de cauciuc groase cu secțiune triunghiulară.



privește transportul, manipularea, montarea, reducerea pierderilor tehnologice la montaj și stabilitatea liniei.

Soluția de rezemare mai economică este cea de rezemare „pe capete”, însă rezemarea în consolă nu trebuie exclusă, mai ales pe terenurile sensibile la înmuiere (macroporice și sărături).

Paralel cu diversificarea tipurilor de jgheaburi este necesară o mărire a numărului de elemente tipizate de susținere, în special a stâlpilor. Normalizarea lungimii stâlpilor prefabricați ar necesita variații de cel mult 0,50 m (ale lungimii) în scopul reducerii pierderilor de prefabricate și a volumelor de săpătură, datorită fundării la diferite adâncimi.

Pentru micșorarea timpului de execuție a liniilor de jgheaburi se poate adopta, în locul stâlpilor și sistemul de sprijinire pe piloți bătuți cu soneta, care ar aduce și următoarele avantaje tehnice:

- posibilitatea mecanizării;
- reducerea manoperei;
- înlesnirea operațiilor de montaj;
- facilitarea alinierii planimetrice și altimetrice;
- eliminarea elementelor de fundație tip pahar, folosite până în prezent.

O analiză tehnico-economică atentă poate hotărî asupra unuia dintre tipurile de sprijinire enunțate mai sus.

Pentru a asigura o largă industrializare a componentelor sistemelor de irigații bazate pe transportul și distribuția apei prin jgheaburi este necesară și analiza soluțiilor posibile de echipare a liniilor de jgheaburi în special în privința derivațiilor, racordului biefurilor, traversării căilor de comunicații și a posibilităților de automatizare. O modernizare în spiritul celor arătate jnai sus impune adoptarea unor soluții de „noduri hidrotehnice” pe rețeaua de jgheaburi. Este vorba de construcții bloc ce includ într-un singur complex, ce se poate construi, nu turnat pe loc, cum s-a procedat până în prezent, ci prin industrializare, o gamă largă de dispozitive și instalații care asigură:

- derivarea unei fracțiuni de debit;
- reglarea nivelului și debitului;
- măsurarea nivelului și debitului;...
- evacuarea.

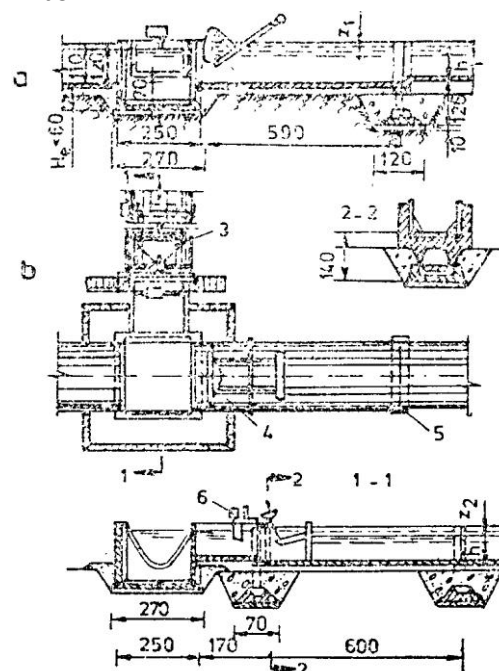
Aceste noduri hidrotehnice complexe, executate pe platformele de prefabricate, se pot monta și în caz de avarie se pot înlocui, prin operații de transport și punere în operă ce reclamă un timp redus, în comparație cu elementele tip monolit.

În figura 4.38 este prezentat un nod de distribuție care asigură derivarea unui debit „cerut” într-un element de udare (conductă flexibilă), derivarea prin sifonare, într-un canal de ordin inferior, reglarea nivelului la cotele cerute, evidența debitelor derivate. Instalația are următoarea structură: un puț de distribuție cu

jgheaburile care vin și pleacă, o priză pentru alimentarea unei conducte flexibile și un sifon care derivă apa într-un jgheab de beton ce se racordează cu albia unui canal de pământ pentru derivație. Puțul, de secțiune dreptunghiulară, are în pereți deschideri de formă corespunzătoare instalării jgheaburilor, un orificiu pentru conducta circulară de alimentare și o deschidere pentru sifon. Fixarea ansamblului la sol se face prin intermediul unor tălpi de beton armat sprijinite pe stâlpi.

Un alt tip de nod hidrotehnic cu posibilități de a asigura funcțiile de evacuare, ramificație, reglarea nivelurilor, evidența debitelor, este prezentat în figura 4.37. În alcătuirea instalației intră un puț de distribuție cu instalația de derivare într-o altă linie de jgheaburi. De asemenea, acest nod este echipat cu o stavilă hidraulică automată. Funcția de evidență a debitelor este asigurată de un deversor-diafragmă și un debitmetru. Jgheabul dreptunghiular este racordat la cel semieliptic prin intermediul unui deversor cu perete subțire și este prevăzut cu o stavilă tip clapet.

Pentru derivarea apei din rețeaua de jgheaburi în conductele flexibile se pot folosi dispozitive de tipul celui prezentat în figura 4.38. În dreptul prizelor pentru cele două conducte flexibile, amplasate de o parte și de alta a jgheabului, se amenajează un bazin de beton armat cu fundul situat ceva mai jos decât linia de jgheaburi. Pentru liniștirea apei, în fața prizelor se instalează un grătar din lemn care urmărește conturul peretelui și fundului jgheabului.



**Fig. 4.37.** Nod de distribuție cu funcționalitate complexă:

- a – secțiune longitudinală prin ax; b – vedere în plan;
- 1 – strat de pietriș; 2 – fundație tip pahar; 3 – stavilă clapet;
- 4 – vană hidraulică automată AMIL; 5 – beton monolit;
- 6 – instalație pentru măsurarea debitului.

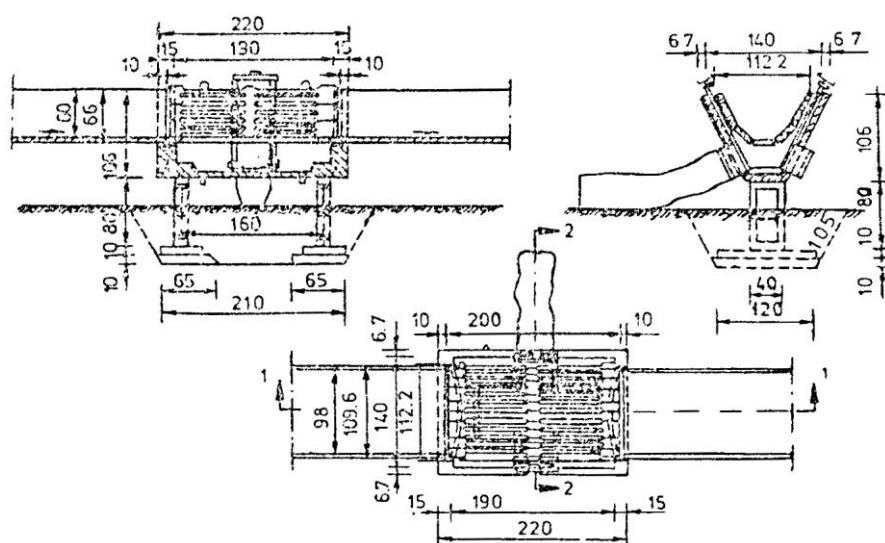


Fig. 4.38. Instalație pentru derivarea apei în conducte flexibile.

Dispozitivele propuse au o funcționalitate complexă și întrunesc condițiile unei eficiențe superioare față de soluțiile folosite până în prezent.

În procesul căutării de noi elemente prefabricate economice și funcționale, au fost găsite soluții conștând în elemente circulare, pentru realizarea căminelor de schimbare a aliniamentului, căderi derivații.

De exemplu, pentru schimbarea aliniamentului poate fi folosită o piesă prefabricată ca cea prezentată în figura 4.39. Asigurarea cotei cerute pentru fundul jgheabului se face cu ajutorul suprapunerii inelelor prefabricate cu mufă, de diferite înălțimi. Inelul inferior este etanșat la partea inferioară și se sprijină pe stâlpi sau pe fundație de beton monolit.

Folosind două piese prefabricate inelare se poate realiza și o cădere pe linia de jgheaburi (fig. 4.40). E vorba de două tuburi cu înălțime de 0,4-1 m, prevăzute cu deschidere laterală de formă și dimensiuni corespunzătoare jgheabului cu care racordează. Între cele două piese speciale, se pot interpune inele. Etanșarea se realizează cu inele de cauciuc.

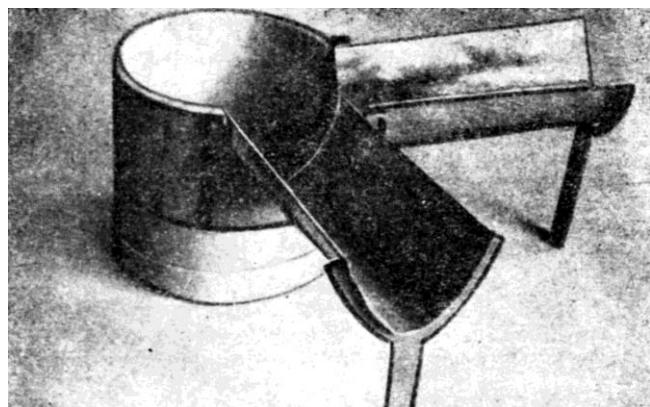


Fig. 4.39. Piesă prefabricată pentru realizarea schimbării de aliniament pe linia de jgheaburi.

Folosind astfel de elemente prefabricate se pot realiza concomitent atât căderea cât și schimbarea de aliniament, ca în figura 4.41.

#### Concluzii.

Din datele prezentate se desprind următoarele concluzii:

1. Rețelele de irigație din jgheaburi oferă avantaje importante legate în special de:

- posibilitatea de control a stării de funcționare și de intervenție operativă în cazul unei defecțiuni;
- curățirea de aluviuni se poate efectua mult mai ușor decât în cazul canalelor de pământ și al conductelor îngropate;
- reducerea suprafețelor scoase

se din circuitul agricol, față de cazul folosirii canalelor de pământ impermeabilizate.

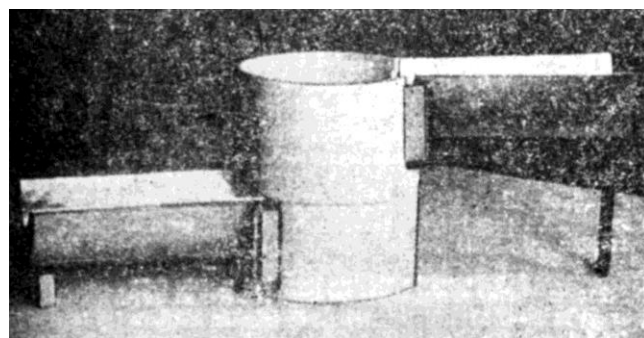


Fig. 4.40. Cădere pe linia de jgheaburi, realizată din piese circulare prefabricate prevăzute cu deschideri și mufe de îmbinare.

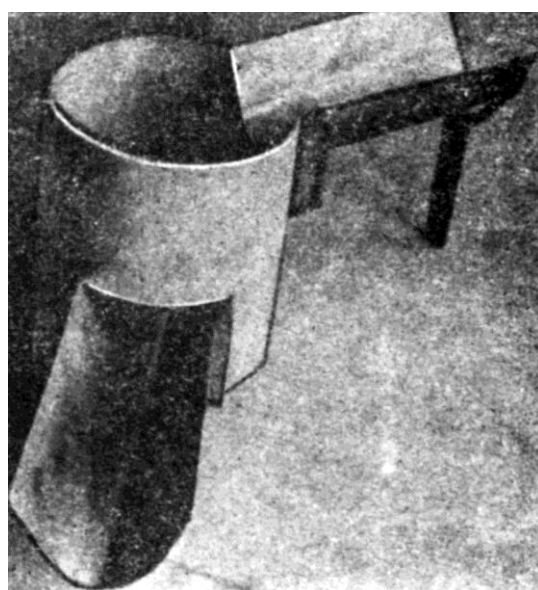


Fig. 4.41. Cădere cu schimbare de aliniament folosind elemente circulare prefabricate.

Pentru aceste motive și altele amintite pe parcursul acestui subcapitol soluția folosirii jgheaburilor, ca elemente de transport și distribuție, are eficiență economică ridicată față de tipurile de amenajare cu canale de pământ și chiar conducte îngropate, în condițiile când apa de irigație conține mari cantități de aluviuni. De asemenea, jgheaburile rămân elemente economice pentru realizarea apeductelor sau a canalelor de aducțiune în zonele colinare și de dealuri, unde apare necesitatea traversării multor văi și depresiuni.

2. Pentru reducerea investițiilor cerute de amenajările cu jgheaburi în faza inițială, precum și pentru mărirea durabilității lor, trebuie aplicată și respectată riguros tehnologia modernă de execuție a jgheaburilor (dozajul materialelor, raportul apă-ciment, pretensiunea armăturii, vibrarea, adausuri pentru mărirea rezistenței la îngheț-dezghet, prelucrarea termică a jgheaburilor).

3. Jgheaburile de formă semieliptică au caracteristici hidraulice superioare celor parabolice, deoarece pentru transportul aceluiași debit lichid au aria secțiunii transversale mai mică. Această formă a jgheaburilor poate să fie reținută atât pentru jgheaburile de dimensiuni mijlocii, cât și pentru jgheaburile cu debite mici (50-200 l/s).

4. Forma semieliptică a jgheaburilor conduce la economie de armătură, deoarece pentru aceeași suprafață a secțiunii oferă momente încovoietoare transversale mai mici, înălțimea și deschiderea lor fiind mai

mici; de asemenea, această formă este avantajoasă din punct de vedere al transmiterii eforturilor pe elementul de susținere. Jgheaburile de formă semieliptică au greutate specifică mai mică decât cele parabolice, diferența fiind vizibilă pentru adâncimi mai mari ale lor. Aceasta înseamnă consum mai redus de beton și cheltuieli mai mici de execuție și transport. În cazul folosirii tiranților transversali la partea superioară a jgheaburilor, secțiunea semieliptică are momente încovoietoare transversale mai mici și consumul de beton este mai redus cu 15-20%, iar ce de armătură cu circa 50%.

5. Pentru mărirea durabilității rețelelor de jgheaburi trebuie să se studieze variația în timpul exploatării a rezistenței lor, folosindu-se metode nedistructive (ultrasunete, radioizotopi etc.) și să se ia măsuri de reparare sau înlocuire a elementelor slăbite.

6. În scopul îmbunătățirii funcționalității rețelelor de jgheaburi este necesară începerea unei acțiuni de echipare a liniilor de jgheaburi cu dispozitive prefabricate pentru derivarea, reglarea și măsurarea apei, precum și cu elemente de automatizare a funcționării rețelelor.

7. Întrucât în alte țări jgheaburile portabile de mase plastice de mare densitate sunt folosite la irigațiile prin scurgere la suprafață, se recomandă să se studieze posibilitățile de folosire economică a lor și în țara noastră.

# **CORELAREA SOLUȚIILOR DE IRIGAȚII (ȘI DESECĂRI-DRENAJE) CU CELE DE ALIMENTARI CU APĂ ÎN AGRICULTURĂ (ȘI CANALIZĂRI-EPURĂRI), ÎN CADRUL SCHEMELOR HIDROTEHNICE COMPLEXE. STUDII, EXEMPLE**

Acest capitol, ca și cele anterioare, include aspecte de raționalizare din problematica interdisciplinară irigații (deseccări) și alimentări cu apă în agricultură (canalizări).

Vor fi reținute spre analizare patru secțiuni caracteristice irigațiilor și alimentărilor cu apă, care cad sub incidența „raționalizărilor”, reieșite din următoarele realități: extinderea irigațiilor în zonele mai înalte (coline și dealuri), cu densitate mare de centre populate, cu mare diversitate de preocupări agroindustriale și cu resurse limitate de apă.

Această situație impune:

- o riguroasă gospodărire a apelor locale și chiar transferuri interbazinale, cu acumulări (multianuale, anuale și sezoniere) și rețele unitare de apă pentru irigații și alimentări cu apă în agricultură (pentru toate folosințele) și cu colectări-evacuări și valorificări a apelor reziduale (uzate);

- asigurarea unor anumite calități a apelor provenite din acumulări (ca: temperatură, oxigenare etc.), care au în irigații și rol de protecție (de exemplu, antigel).

Cele patru secțiuni ale prezentului capitol privesc condițiile tehnice (cu baza de calcul necesară pentru proiectare) ale:

- 1 – captărilor de apă din acumulări (supraterane și subterane);

- 2 – rețelelor de alimentare și evacuare în cadrul unităților agricole și al centrelor populate;

- 3 – colectării, epurării, valorificării și deversării apelor-reziduale (uzate) în agricultură și instalațiile aferente;

- 4 – soluțiilor de scheme hidrotehnice complexe (pentru irigații și alimentări cu apă) cu stabilirea volumelor de apă necesare.

## **5.1. SOLUȚII DE CAPTĂRI DE APĂ CU ASIGURAREA ANUMITOR CALITĂȚI ALE APEI. RAȚIONALIZĂRI**

### **5.1.1. CAPTĂRI DIN ACUMULĂRI (SUBTERANE) PENTRU ASIGURAREA UNEI ANUMITE TEMPERATURII A APEI. SOLUȚII DE CAPTARE DE LA ANUMITE ADÂNCIMI**

Pe lângă cerințele de debit, captările din acumulări trebuie să asigure și temperatura dorită (necesară) a apei de irigații, în scop de protecție a:

- plantațiilor viti-pomicole contra temperaturilor scăzute din primăvară și toamnă (protecția antigel);

- culturilor de orez contra temperaturilor scăzute din perioada de înflorire;

- culturilor de legume (trufandale) ce solicită apă cu temperatură ridicată la începutul vegetației, primăvara;

- culturilor în general, care în timpul caniculelor de vară, sunt recunoscătoare irigației cu apă având temperatura mai scăzută cu câteva grade față de mediul ambiant.

Asigurarea temperaturii dorite a apei de irigat se poate realiza prin adoptarea soluției de captare (a apei) la cote diferite (din acumulare), prin turn de captare vertical sau prin canal oblic pe baraj.

#### **5.1.1.1. Soluții tehnice de captare de la diverse adâncimi. Exemple**

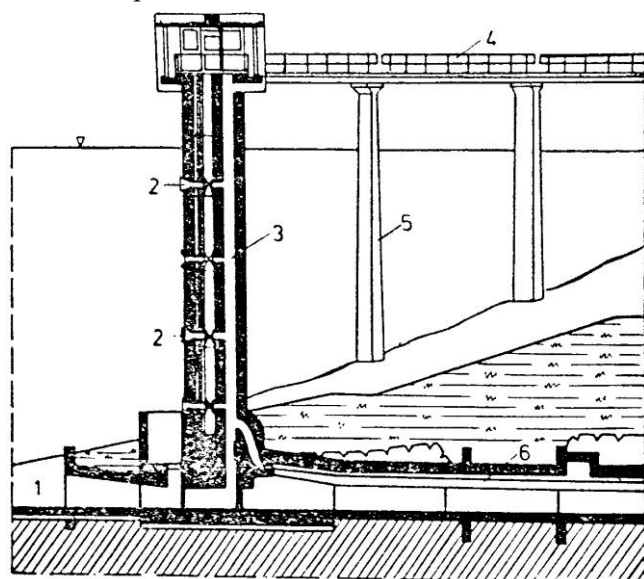
Tehnica mondială a irigațiilor folosind, pe scară largă, ca surse de apă acumulările, acordă mare im-

portanță cotelor la care se captează apa, fie în soluția amenajărilor hidroenergie-irigații (exemplu Bulgaria), fie numai pentru irigații (ex. Coreea).

Un rol din ce în ce mai mare revenind acumulărilor în extinderea irigațiilor, este firesc să se perfecțeze și tehnica captării apei.

Cotele dominante ale acumulărilor (din zone montane, de dealuri sau coline) au condus la tipurile de captări mixte: hidroenergetice și pentru irigații și alimentări cu apă.

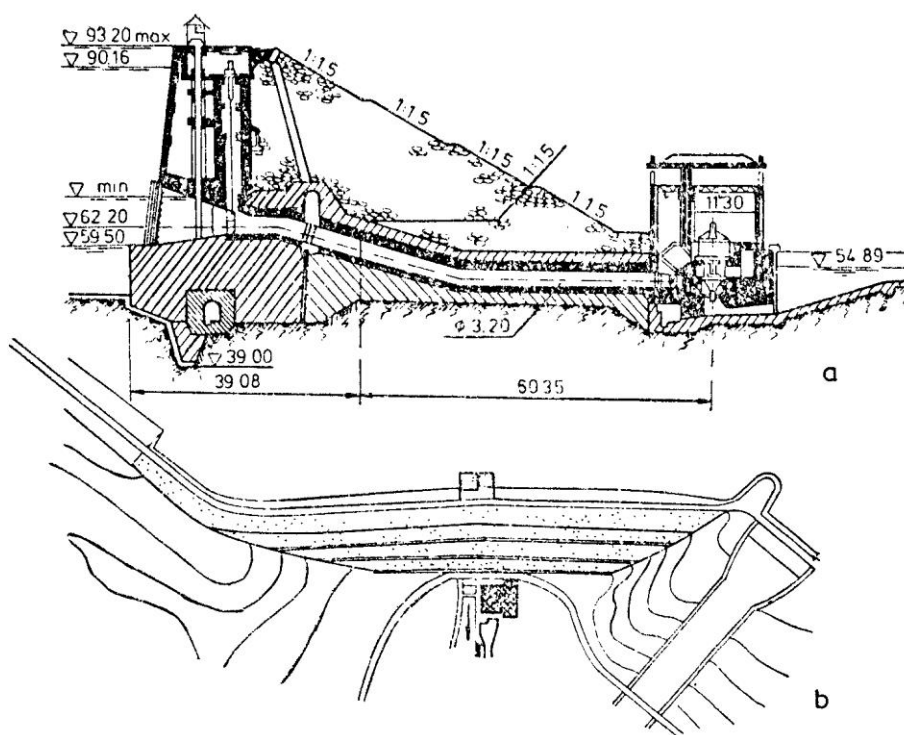
Turnurile de captare, cu prize la nivelurile caracteristice de apă (fig. 5.1), asigură lupta contra aluviunilor, precum și accesul, spre aducțiunea sistemelor de irigații, a apei de suprafață, mai bine aerată și încălzită, sau a apei de la anumite adâncimi pentru asigurarea temperaturii necesară alimentărilor cu apă.



**Fig. 5.1.** Secțiune printr-o captare cu turn din barajul de acumulare: 1 – golirea de fund; 2 – ferestrele de captare ale turnului; 3 – conducta de alimentare (HE și irigații); 4 – pasarela de acces; 5 – pilele; 6 – conducta sub presiune.

În Bulgaria, alimentarea cu apă a sistemului de irigații Stara Zagora – Kazanlâk se face din acumularea barajului Georgi Dimitrov (R. Tundja), printr-un turn cu ferestre situate la cote diferite (fig. 5.2, a, b). În figura 5.2, a se evidențiază și descărcarea de fund; în acest caz apa este uzinată în prealabil ( $P_i = 7.000$  kW).

Exemplele citate, de captare a apei pentru irigații



**Fig. 5.2.** Barajul pe șine Turdya, cu turnul de captare și microhidrocentrala: a) Secțiune transversală; b) Plan de situație.

(și energie) scot în evidență atenția acordată calității apei: temperatură, oxigenare și conținut de aluviuni. Captările de la suprafață, prin ferestrele turnului, asigură în mare măsură aceste deziderate, fără a reduce din presiunea urmărită pentru hidro-energie.

În Coreea, atenția maximă se acordă temperaturii apei, captarea făcându-se de la anumite adâncimi, în funcție de temperatura necesară.

Soluția tehnică a captării apei cu diverse temperaturi, de la diverse adâncimi se realizează în două variante:  $V_1$  – cu turn de captare vertical (v. fig. 5.4) și  $V_2$  – cu tub de captare oblic (v. fig. 5.5).

Turnul de captare este recomandat în cazul acumulărilor adânci, cu variație apreciabilă a nivelului în lac. Captarea cu tub (canal) oblic se folosește în cazul retențiilor de mică adâncime, cu baraje de pământ sau anrocamente.

### 1° Prize turn, în general

Priza de turn\* este o construcție cilindrică sau tronconică prevăzută pe suprafața laterală cu deschideri de admisie a apei situate la diverse înălțimi (figura 5.3).

Turnul este racordat la partea inferioară cu aducțiunea sub presiune.

Accesul poate fi controlat prin 1-2 vane de dimensiuni mari, sau printr-un număr mare de vane de dimensiuni mici.

\* Radu Prișcu, „Construcții hidrotehnice”, vol. II, 1974.

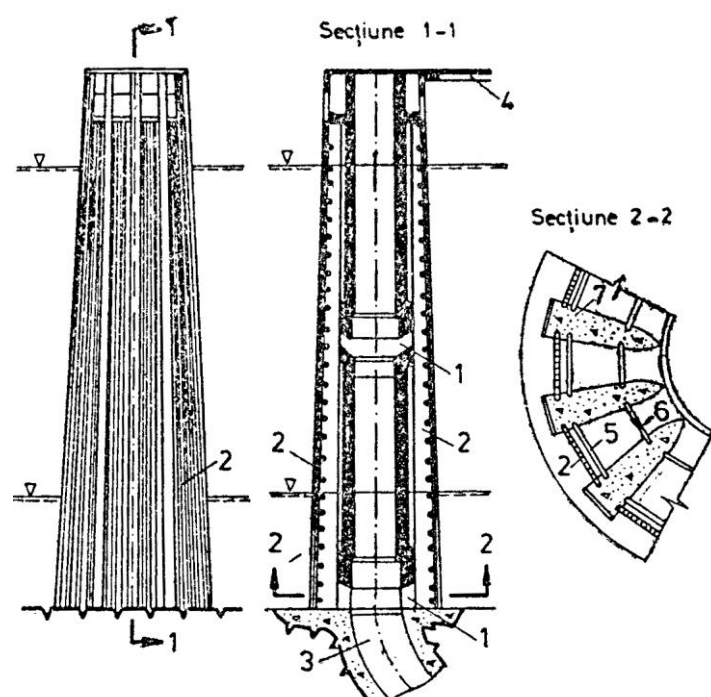


Fig. 5.3. Priză turn: 1 – deschideri de admisie; 2 – grătar; 3 – aducțiune; 4 – pasarelă de acces; 5 – nișe de batardou; 6 – vană; 7 – pilă.

Turnul are doi pereți concentrici legați cu pile radiale. Grătarele sunt fixate pe conturul exterior, iar vanele sunt dispuse la peretele interior.

În alte situații, turnul prizei este numai o construcție de serviciu amplasată la intrarea în derivația sub presiune, putând descărca apa direct sau prin călugăr. Legătura prizei turn cu coronamentul barajului, sau cu malul, după caz, se face printr-o pasarelă de acces.

La proiectarea și construirea turnului apar probleme speciale datorate dimensiunilor mari, împingerii gheții, seismicității (v. 5.1.1.4) cazului lac plin, presiunii vântului, cazului lac gol. Pentru o siguranță (rigiditate) mai mare se prevăd, în anumite cazuri, contraforți radiali, care au totodată și rolul de pile pentru susținerea grătarelor.

## 2° Priza de apă în turn cu ferestre de captare

Turnurile de captare, cu ferestre la anumite adâncimi, sunt recomandate în cazul acumulărilor adânci, cu variație mare a nivelului apei în lac, pentru asigurarea temperaturii necesare a apei pentru irigații.

Turnul de captare are – cum s-a mai spus – în general formă cilindrică, se sprijină pe o fundație, în care se încastrează și conductele de evacuare. Partea superioară a turnului, deasupra

nivelului maxim din rezervor, adăpostește instalațiile pentru manevrarea organelor de închidere și este legat cu uscatul (malul sau coronamentul barajului) printr-o pasarelă, pentru a facilita accesul personalului și utilajelor în cazul reparațiilor (fig. 5.4 – Pyongyang, 1984, V.). Ferestrele de captare sunt dispuse radial pe suprafața laterală a turnului, la diferite cote, facilitând captarea din straturi diferite de apă aflate la diverse adâncimi cu diverse temperaturi, în funcție de cota luciului apei din acumulare. Ferestrele de captare sunt protejate de pătrunderea plutitorilor cu grătare, iar închiderea lor se realizează cu stăvilare plane, sau curbate după curbura turnului. Ferestrele au formă de dreptunghi, mărimea lor depinzând de debitul maxim captat la sarcină minimă, pe orificiul mare. Ferestrele de captare pot funcționa liber sau înecat, eventual chiar la deversor (la captări din stratul superficial) în funcție de presiunile necesare pe conducta de plecare. În fundația turnului de captare se prevăd instalațiile de golire, cu posibilitate de protejare a acestora cu batardouri și deschideri pentru acces de vizitare, reparații etc.

## 3° Priza de apă cu tub de captare oblic

Acest tip de priză, pentru asigurarea unei anumite temperaturi a apei captate, se adoptă la acumulări de mică și medie adâncime, barajul având parametrul amonte înclinat (Pyongyang, 1984, V.). Simplificarea

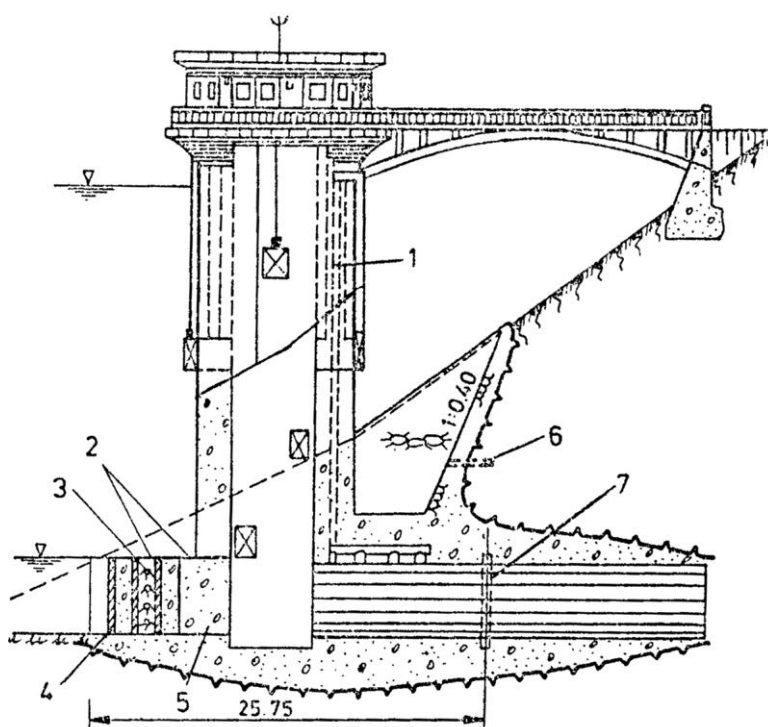


Fig. 5.4. Turn de captare a apei cu mai multe prize (ferestre): 1 – conductă de aerisire; 2 – uvraj pentru introducerea materialelor; 3 – batardou; 4 – umplutură nefinisată; 5 – beton de finisare; 6 – găuri de priză; 7 – joantă.

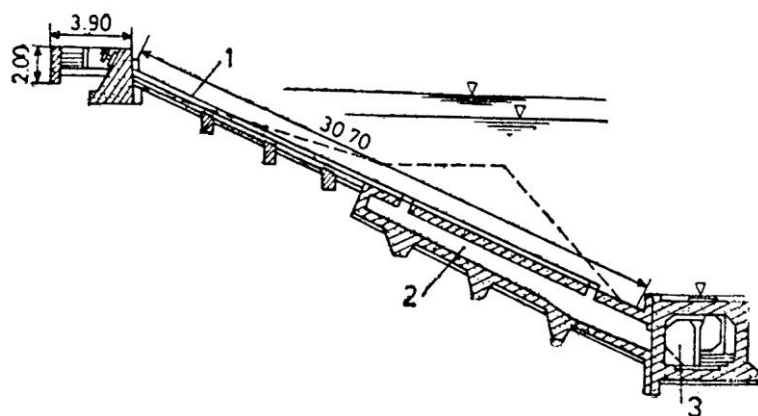


Fig. 5.5. Priză de apă cu tub oblic: 1 – dispozitiv de manevră; 2 – tub oblic; 3 – galerie de evacuare.

construcției prizei cu mai multe ferestre de captare presupune rezemarea și ancorarea tubului (canalului) de captare pe parametrul amonte al barajului (fig. 5.5). Captarea de la diferite cote are loc prin deschiderea stăvilor – ferestrelor de captare – când fiecare fereastră este prevăzută cu stăvilă proprie, sau cu stăvilă dublă sau multiple glisante.

Ansamblul prizei se compune din: fundație cu ancore pe parament, tubul (canalul) de captare prevăzut cu ferestre și stăvile individuale, sau cu fantă longitudinală de captare și stăvile glisante, galeria de evacuare (situată la piciorul tubului înclinat), instalații de manevrare a stăvilor (în partea superioară a barajului).

În general, aceste prize de apă este necesar să îndeplinească rol polivalent:

- să capteze apă la temperatura dorită;
- să asigure sarcină maximă turbinelor;
- să asigure alte calități ale apei;
- să permită vizitarea galeriei, conductei de aducțiune.

#### 5.1.1.2. Aspecte legate de temperatura apei captate și regimul termic al acumulărilor

Captarea apei cu anumită temperatură depinde de: gradientul termic existent în acumulare, poziția și mărimea ferestrelor de captare, adâncimea totală a apei la turnul de captare și de condițiile de acces ale apei spre priză.

Totodată, influență majoră prezintă regimul termic al lacurilor și variația densității lichidului cu temperatura, respectiv cu presiunea.

Alegerea structurii și formei sistemului de priză de apă este determinată prin scopul de a proteja culturile, fie contra temperaturilor coborâte, fie contra temperaturilor ridicate.

Temperatura apei acumulării variază de la un nivel la altul, mai ridicată la suprafață și mai coborâtă în adâncime (fig. 5.6).

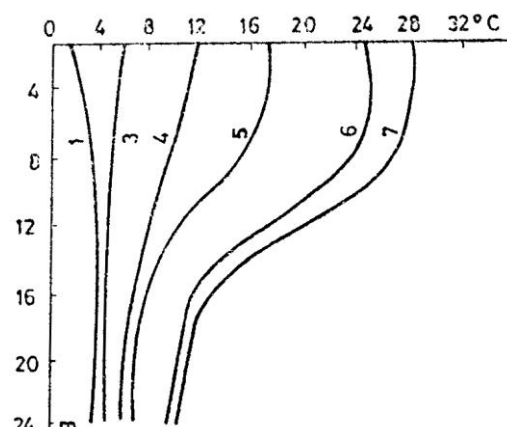


Fig. 5.6. Variația temperaturii apei cu adâncimea în acumulările din Coreea, lunile 1, 2, ..., 7.

Un sistem de captare care permite utilizarea apei de la suprafață realizează un câștig de temperatură de 3-4°C, în raport cu apa din adâncime. Pentru producția agricolă aceasta reprezintă un mare avantaj. Deci, pentru a proteja culturile agricole și plantațiile viti-pomicole contra temperaturilor scăzute, se recomandă captarea apei de la suprafața acumulării, iar pentru a le proteja contra temperaturilor atmosferice ridicate, captarea trebuie făcută din straturile mai adânci ale acumulării.

Majoritatea lacurilor de pe teritoriul țării noastre se încadrează în categoria lacurilor dimictice\*.

Elementul caracteristic este temperatura densității maxime: primăvara și toamna, în aceste anotimpuri se obține omogenizarea temperaturii pe toată adâncimea la 4°C.

Diferențierea termică a apei cu adâncimea are loc în perioada de vară în funcție de încălzirea de la suprafață.

Temperatura apei la suprafață, cu media lunii celei mai calde, până la 10°C (caracteristic zonelor alpine) caracterizează lacurile reci, de la 10-20°C (specific zonei montane carpatice), caracterizează lacurile moderate, iar de la 20-30°C (zonele de deal și câmpie) caracterizează lacurile calde.

Stratificația termică tipică pentru lacurile din România este exemplificată prin acumularea Izvorul Muntelui, având adâncime suficientă pentru reprezentarea dinamicii complete, cu epi-mezo-hipolimnion normal (fig. 5.7).

În cazul lacurilor cu adâncime mică stratificația de temperatură este incompletă, existând și cazuri de uniformizare termică de origine eoliană.

Temperatura maximă a apei de la suprafață diferă de zonalitatea geografică astfel: în Dobrogea 30°C până la 33°C, în regiunile de câmpie și la deal 28-35°C.

\* Ujvari, I. „Geografia apelor României”, Editura Științifică, București, 1972.



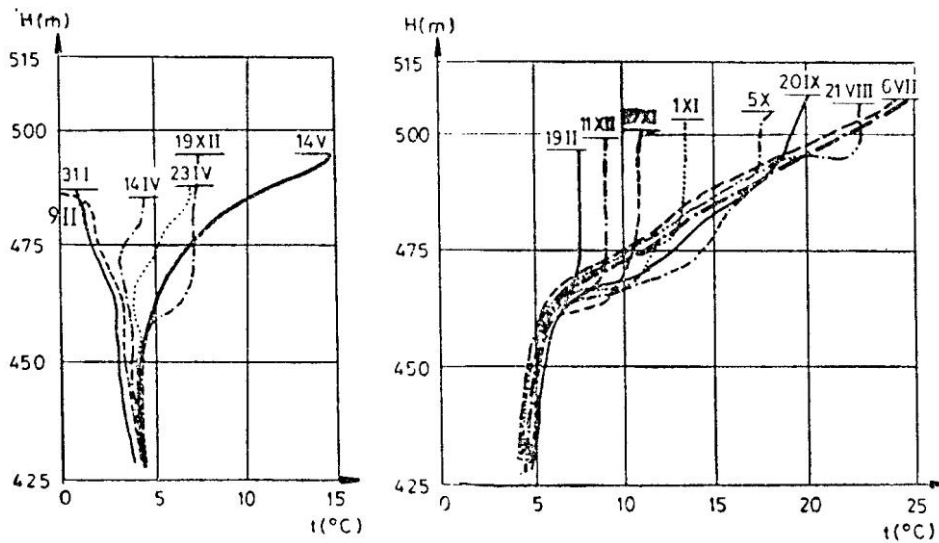


Fig. 5.7. Variația temperaturii apei în lacul de acumulare Izvorul Muntelui.

După cum se observă din figura 5.7, variația temperaturii în lac în perioada de vară se poate aproxima cu o dreaptă pentru adâncimi de până la 35-40 m. În jurul acestei adâncimi are loc racordarea variației temperaturilor de suprafață cu temperatura la fund (în jurul valorii de 4°C).

Densitatea apei variază cu temperatura după relația:

$$\rho = \rho_0 [1 - \beta_t (t - t_0)] \quad (1)$$

pentru temperaturi peste 4°C, unde  $\beta_t$  este coeficient de dilatare termică a apei ( $\beta_t = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

Totodată, densitatea depinde și de variația presiunii cu adâncimea:

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{\beta_p (p - p_0)} \quad (2)$$

în care:

$\beta_p$  este coeficientul de compresibilitate cubică a apei ( $\beta_p \approx 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$ );

$$p - p_0 = \gamma h$$

Prin dezvoltarea în serie Taylor a relației (2) și neglijând termenii care conțin pe  $\beta_p$  la puteri supraunitare, se obține

$$\rho = \rho_0 [1 + \beta_p (p - p_0)] \quad (3)$$

Variația temperaturii cu  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ , pe adâncimea  $h = 30-40 \text{ m}$ , implică o variație a densității, care crește în adâncime (odată cu scăderea temperaturii) de circa 2,7%, iar variația presiunii se suprapune cu acest efect mărește densitatea, însă neglijabil, la 40 m de 1,00000002 ori.

Astfel, influența variației presiunii asupra densității este neglijabilă.

### 5.1.1.3. Metoda determinării poziției ferestrelor de captare într-un turn de priză pentru prelevarea apei cu temperatura dorită

#### 1° Analizarea și dezvoltarea teoretică a problemei adâncimii de captare

Ținând seama de variația temperaturii apei într-o acumulare suficient de adâncă pentru dezvoltarea unei stratificări normale, se poate admite o variație liniară a temperaturii cu adâncimea.

În acest caz, și variația densității este tot o funcție liniară în raport cu adâncimea (fig. 5.8), caracterizată prin ecuația 3':

$$\rho = \rho_f - \frac{\rho_f - \rho_s}{d} (d - h) = \rho_s + \frac{\rho_f - \rho_s}{d} h \quad (3')$$

În general curgerea apei dintr-un rezervor infinit de mare spre o fereastră de priză considerată punctuală (la captare prin turn cilindric) prezintă o simetrie axială.

Ecuatiile diferențiale ale mișcării pentru un lichid greu, fără vâscozitate, sunt ecuațiile lui Euler, scrise în coordonate cilindrice, sub forma:

$$\begin{cases} u \frac{\partial u}{\partial r} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial r} \\ u \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial z} - g \end{cases} \quad (4)$$

în care:

$u$  este componenta radial orizontală a vitezei,

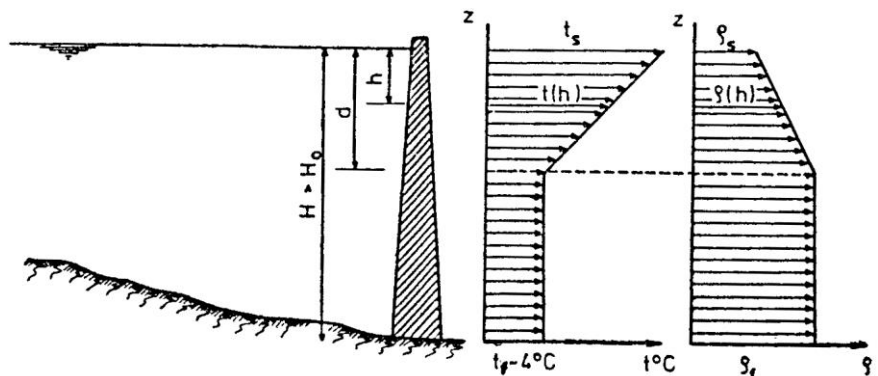


Fig. 5.8. Schematizarea variației temperaturilor și densității apei într-un lac de acumulare suficient de adânc.

$w$  – componenta verticală a vitezei de apropiere de fereastra de captare,

$p$  – presiunea la nivelul ferestrei de captare,

$\rho_s$  – densitatea apei la suprafață,

$g$  – accelerația gravitațională.

Admițând variația liniară a densității apei cu adâncimea de forma (3'), prin înmulțirea ecuațiilor (4)

cu  $\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}}$  se obține:

$$\begin{cases} \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \frac{\partial \left( \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \right)}{\partial r} + \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} w \frac{\partial \left( \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \right)}{\partial z} = \\ = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial p}{\partial r} \\ \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \frac{\partial \left( \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} w \right)}{\partial r} + \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} w \frac{\partial \left( \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} w \right)}{\partial z} = \\ = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\rho_s}{\rho_f} g \end{cases} \quad (5)$$

Notând cu:

$$u' = u \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \quad \text{și} \quad uw' = w \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \quad (6)$$

ecuația (5) devine:

$$\begin{cases} u' \frac{\partial u'}{\partial r} + w' \frac{\partial u'}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial r} \\ u' \frac{\partial w'}{\partial r} + w' \frac{\partial w'}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial z} - g \end{cases} \quad (7)$$

Făcând schimbarea de variabilă

$$\begin{cases} \psi = \frac{w'}{u' d} \\ \xi = \frac{r}{d} \\ \eta = \frac{z}{d} \end{cases} \quad (8)$$

după derivarea relațiilor (7) în raport cu  $\partial_r$  și  $\partial_z$ , se obține:

$$\frac{1}{\xi^2} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \eta^2} - \frac{1}{\xi} \frac{\partial \psi}{\partial \xi} \right) + \frac{\psi}{Fr \rho} = -\frac{\eta}{Fr \rho}$$

(9)

unde numărul Froude densimetric este:

$$Fr \rho = \frac{Q^2}{(\delta \theta \sqrt{g \beta})^2} \quad (10)$$

Conform figurii 5.9, s-au notat:

$Q$  – debitul ferestrei,

$\delta$  – grosimea stratului de curent,

$\theta$  – unghiul curentului,

$\beta$  – panta densității relative:

$$\beta = \frac{\rho_f - \rho_s}{\rho_f \cdot d}$$

$d$  – adâncimea apei în acumulare (sau aferență gradientului termic liniar).

Debitul ferestrei de captare, identic cu cel al curentului de apropiere de fereastră din acumulare, se poate exprima prin relația orificiilor neîncete:

$$Q = \mu A \sqrt{2gh} \quad (11)$$

în care:

$\mu$  este coeficientul de debit,

$A$  – secțiunea ferestrei de captare,

$h$  – adâncimea la care se află centrul ferestrei de captare sub nivelul liber.

Orificiul funcționează neîncetat, întrucât nivelul din turnul de priză este inferior cotei ferestrei de captare.

Înlocuind debitul orificiului în expresia numărului Froude densimetric, se obține grosimea curentului de apropiere spre fereastră

$$\delta = \left( \lambda \mu A \sqrt{\frac{h}{\beta}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (12)$$

unde coeficientul  $\lambda$  depinde de poziția relativă a ferestrei

$\frac{h}{d}$  și este de fapt o corecție pentru orificii mari.

Valoarea lui  $\lambda$  este

$$\lambda = \frac{\sqrt{2}}{Fr_g \cdot \theta} \quad (13)$$

Calibrarea experimentală a lui  $\lambda$  în funcție de  $\frac{h}{d}$

indica corelația:

$$\lambda = \frac{\alpha \cdot 0,45}{0,134 + 0,19 \left( 1 - 2 \frac{h}{d} \right)} \quad (14)$$

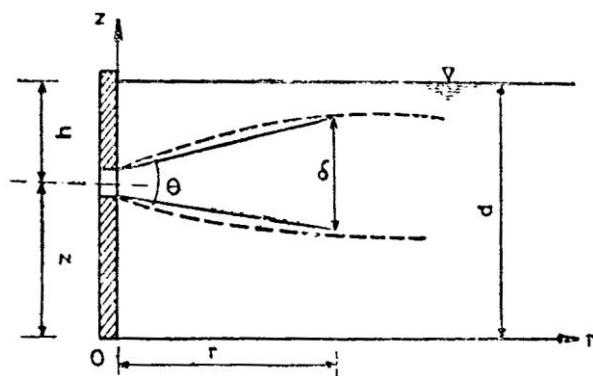


Fig. 5.9. Schema de calcul a curentului cu densitate

variabilă.

în care:

$$\alpha = 1 \text{ pentru } Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\alpha = 1,17 + 1,02 \frac{h}{d} \text{ pentru } Q > 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Relația (12) arată că grosimea stratului captat depinde de mărimea secțiunii ferestrei  $A$  și de adâncimea la care ea este amplasată, de fapt de debitul captat.

## 2° Determinarea poziției ferestrei de captare. Exemplu

Fiindcă stratul de curent ce intră prin fereastra prizei este simetric față de axa centrală a ferestrei, profunzimea stratului de curent se exprimă prin:

$$d_c = h + \frac{\delta}{2} \quad (15)$$

Când fereastra de priză este aproape de suprafață cu  $h < \frac{\rho}{2}$ , profunzimea stratului de curent se consideră egală cu grosimea acestui strat. Astfel, dependența care se stabilește între debitul captat și profunzimea stratului de curent este exprimată de figura 5.10, în cazul în care profunzimea ferestrei de priză  $h$  este cuprinsă între 1 și 5 m.

Se constată că debitul ferestrei crește cu creșterea sarcinii pe fereastră (aproape cu  $\sqrt{h}$ ). Schimbarea bruscă a mărimii ferestrei de captare implică modificarea bruscă a debitului captat.

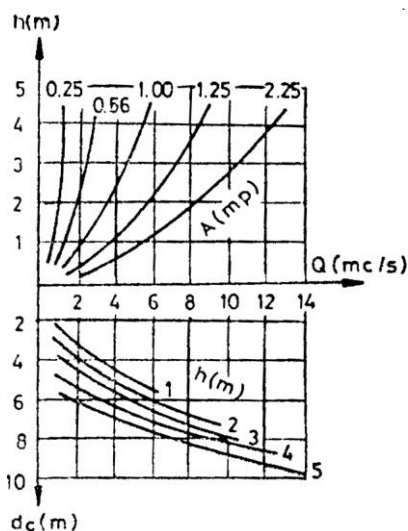


Fig. 5.10. Relația între debit, profunzimea stratului de curent și a ferestrei de captare ( $p = 10^{-4}$ ).

Cele specificate se remarcă în special la ferestre de captare mici care lucrează la sarcini mari. Partea inferioară a figurii 5.10 scoate în evidență creșterea grosimii stratului captat în funcție de creșterea debitului prizei. Creșterea sarcinii pe fereastră implică creș-

terea profunzimii stratului captat. Astfel, la prize superficiale, debitul este redus și favorizează mișcarea apei calde spre captare.

Creșterea sarcinii  $h$  pe fereastră implică o rată mică de creștere a profunzimii stratului  $d_c$ , ceea ce favorizează captarea apei reci.

Limitarea sarcinii pe fereastră și a debitului captat cum este redat în tabelele 5.1 și 5.2 concură la preluarea stratului de curent situat în stratul de apă caldă din acumulare.

Tabelul 5.1. Valoarea debitelor limită  $q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$h$ (m) \ $H$ (m)	1	2	3	4	5
2	0,5	—	—	—	—
3	1,0	0,5	—	—	—
4	2,1	1,5	0,5	—	—
5	3,6	2,5	2,0	0,5	—
6	6,2	5,2	4,5	1,8	0,5
/	16,0	10,0	8,0	5,2	2,0
8	—	—	20,0	12,2	5,0

Tabelul 5.2. Sarcina limită pe fereastra de priză  $h$  (m)

$A$ ( $\text{m}^2$ ) \ $H$ (m)	2,25 (1,5 x 1,5)	1,56 (1,25 x 1,25)	1,00 (1,0 x 1,0)	0,56 (0,75 x 0,75)	0,25 (0,50 x 0,50)	0,1 (0,30 x 0,30)
3	—	—	—	—	1,5	2,0
4	—	—	1,0	2,0	2,5	3,0
5	—	1,0	2,5	2,8	3,5	3,8
6	2,0	3,0	3,5	3,8	4,3	4,7
7	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,5
8	4,3	4,7	5,0	5,7	5,7	6,0

În tabelele 5.1 și 5.2 s-a obținut grosimea stratului de apă caldă  $H$  și este posibilă definirea debitelor limită (corespunzătoare sarcinii pe fereastra de priză) și în același timp sarcina limită pe fereastră și secțiunea  $A$  a acesteia.

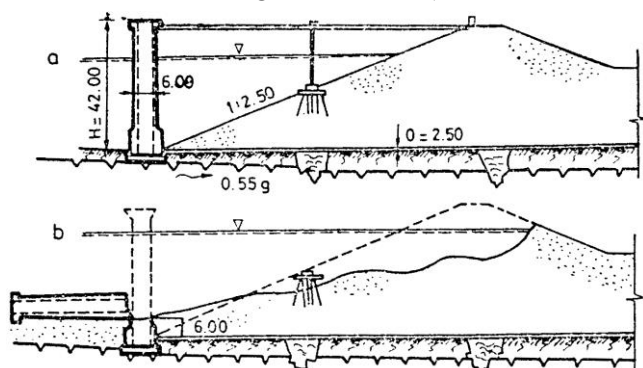
Pe această bază se dispun ferestrele de priză în funcție de capacitatea de captare, existând posibilitatea elaborării documentației pentru poziționarea ferestrelor, în scopul captării apei la temperatură dorită.

### 5.1.1.4. Măsurile constructive speciale, antiseismice, la turnurile de priză

Turnurile de priză (captarea apei) situate în zone activ seismice sunt confruntate în timpul exploatării cu cutremure moderate, cu frecvență mai mare, apa din lac introducând solicitări suplimentare.

Turnurile fiind structuri tip consolă, capacitatea de ductilizare și amortizare este limitată. În cazul cutre-

murelor violente are loc ruperea și chiar prăbușirea turnurilor prin prăbușirea armăturii tensionate și strivirea betonului în zona comprimată (exemplu cutremurul din 1971 San Fernando – S.U.A., când turnul de priză al barajului a fost rupt la circa 6 m de la bază, imediat deasupra blocului de fundare – figura 5.11 – prin strivirea betonului și curgerea armăturii).



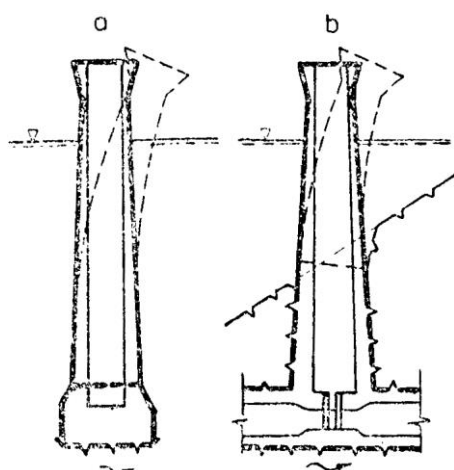
**Fig. 5.11.** Prăbușirea turnului de priză de la barajul San Fernando aval: a) înainte de avariere; b) după avariere.

Solicitarea seismică, dată de o accelerație în amplasament de circa 0,55 g, a fost suplimentată și de împingerea taluzului amonte care a alunecat în timpul cutremurului.

Turnul de priză de la barajul Otani-ike (Japonia) s-a prăbușit (cutremurul Nankai din 1946) prin strivirea betonului și flambarea armăturii.

Ambele turnuri-amintite mai sus – construite înainte de 1920 – n-au fost verificate la solicitări seismice, iar procentul de armare a fost sub 1%.

O sinteză (după R. Prișcu și colab., 1980) a tipurilor de avarie seismică a turnurilor submersate este prezentată în figura 5.12.



**Fig. 5.12.** Tipuri de avarie seismică a turnurilor de priză: a) submersate; b) submersate și parțial îngropate.

În majoritatea cazurilor apar fisuri, crăpături sau chiar ruperi la baza turnului, deasupra

pra blocului vanelor (fig. 5.12, a). În cazul turnurilor parțial îngropate și submersate, secțiunea afectată este situată în apropierea contactului cu versantul sau cu umplutura (fig. 5.12, b).

Turnurile de priză ale amenajărilor moderne au fost puțin afectate chiar la marile cutremure. Exemplu cutremurul de la Kitamino – Japonia, 1961, când turnul barajului Miboro nu a înregistrat avarii structurale, deși solicitarea seismică a avut în amplasament 0,24g, iar înălțimea turnului este de 100 m. Singurele urmări au fost desprinderea pasarelei de acces și răsturnarea unor elemente de batardou.

Prezența apei din lac – submersia turnului – conduce la mărirea perioadelor de vibrație a structurii și la reducerea amortizării. Accelerațiile de răspuns cresc odată cu submersia. Apa din interior conduce la rândul ei la amplificarea răspunsului, afectând inerția structurii; apa se mișcă solidar cu turnul.

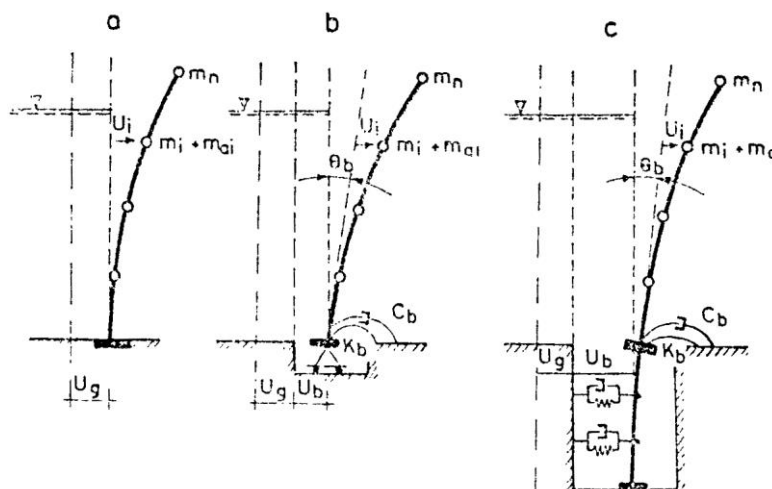
În cazul turnurilor parțial îngropate, sau amplasate în corpul de umplură al barajelor, răspunsul seismic al turnului este direct influențat de răspunsul umpluturii.

Comportarea seismică a turnurilor de priză este direct influențată de interacțiunea între turn și apa din lac.

Metodele de calcul seismic urmăresc reproducerea răspunsului structural sub acțiunea inerției proprii și a efectelor hidrodinamice date de apa înconjurătoare.

Modelul de calcul cel mai utilizat este acela al consolei încastrate în fundație, având masele concentrate într-un număr de puncte pe înălțime (fig. 5.13 a).

Modele dinamice mai perfecționate sunt prezentate în figura 5.13, b și c (Popovici, A. ș.a.). Primul model permite consolidarea interacțiunii turn – teren de fundare, iar cel de al doilea permite și includerea interacțiunii turn – umplură sau turn – versant, în cazul



**Fig. 5.13.** Modele dinamice simplificate pentru turnurile de priză (A. Popovici): a) interacțiunea turn – lac; b) interacțiunea turn – lac – teren de fundare; c) interacțiunea turn – lac – umplură sau versant.

turnurilor parțial îngropate. Interacțiunea cu apa din lac se tratează prin același procedeu al maselor adiționale.

O proiectare rațională trebuie să admită comportarea elastică a structurii în cazul cutremurelor moderate, respectiv comportarea neelastică, însoțită de fisurarea betonului și curgerea armăturii, în cazul cutremurelor violente (Chopra, A.K., ș.a., 1977; Prișcu, R. ș.a., 1980).

Menținerea răspunsului seismic în limite elastice, chiar pentru cutremure violente, poate conduce la supradimensionări (exemplu, cu patru rânduri de armătură longitudinală fretată, pentru o grosime de beton a turnului de 3 m, pentru turnul de priză Van Norman).

Capacitatea de ductilizare a structurii are rol important în dimensionarea turnurilor. Pentru turnurile de apă, factorul de ductibilitate admisibil este  $\mu = 2$  (Gadomski, S.A., Roma, 1973).

Factorul de ductibilitate se definește ca raportul dintre deplasarea seismică maximă și deplasarea seismică corespunzătoare limitei elastice.

Măsurile constructive antiseismice adoptate de tehnica mondială se pot grupa (R. Prișcu ș.a., 1980)\* în:

- adoptarea de turnuri cu secțiune circulară sau poligonală axial simetrică, pentru a uniformiza solicitarea seismică în secțiune;

- mărirea grosimilor de la coronament spre bază, pentru a uniformiza solicitarea seismică pe înălțimea turnului;

- realizarea de blocuri de fundație masive, pentru a mări stabilitatea laterală și a micșora amplitudinea mișcărilor seismice de răspuns;

- adoptarea unor procente de armare de 2-4%, în funcție de seismicitatea amplasamentului și utilizarea de bare de oțeluri mai mici pentru a evita fisurarea excesivă a betonului;

- dispunerea armăturii verticale pe două sau mai multe rânduri, fiecare rând fretat cu armătură inelară corespunzătoare, pentru a mări factorul de ductibilitate.

### 5.1.2. CAPTĂRI DIN ACUMULĂRI SUBTERANE PENTRU ASIGURAREA UNOR DEBITE ȘI TEMPERATURI RELATIV UNIFORME ALE APEI ȘI PENTRU REDUCEREA SUPRAFEȚELOR OCUPATE DE LUCRĂRI

#### 1° Prezentare generală – scop, condiții, amplasare

Pentru a se asigura apa necesară irigației și ali-

mentării cu apă în zone cu resurse de apă deficitare, se utilizează stocarea volumelor necesare în acumulări de suprafață realizate prin bararea transversală a unui curs de apă într-un amplasament favorabil.

Se pot remarca o serie de dezavantaje ale acestui tip de rezervor de suprafață: scoaterea din circuitul agricol a unor suprafețe întinse de teren; pierderi de apă prin evaporație (cu concentrarea salinității), prin infiltrații în cuva lacului și pe sub baraj; colmatarea lacului; volume mari de materiale în corpul barajului și, uneori, instabilitatea construcției de barare; necesitatea unor construcții funcționale auxiliare complicate (descărcări, disipatori); tronsonarea cursului de apă.

În anumite situații de alimentări cu apă potabilă sau pentru irigații, sursa de apă este constituită de rezervele locale de apă freatică. În cazul unor acvifere bogate și de bună calitate, captarea apei se poate face prin puțuri cu drenuri radiale (fig. 5.14).

Soluția, elementele componente, dimensiunile (relative), poziția diferitelor elemente față de nivelul terenului și de cabina de pompare, sunt explicit redată în figura 5.14, încât nu necesită explicații suplimentare.

Ceea ce trebuie subliniat, se referă la necesitatea unor studii: prospecțiuni hidrogeologice ample asupra pânzelor subterane, asupra posibilităților de captare, asupra determinării zonelor de implantare a puțurilor, asupra debitelor și calității apei, cu definirea caracteristicilor amenajărilor și echipamentelor.

În cazul unui deficit de apă pronunțat în bazinul subteran sau al unei exploatare nerațională, se poate aplica metoda de îmbogățire cu apă a straturilor subterane, prin infiltrație artificială, dirijată din bazine speciale.

Această metodă este dificil de aplicat, prezentând și alte dezavantaje: necesitatea unei rețele de canale pentru transportul apei dintr-o sursă de suprafață (râul) către bazine, ocuparea unei suprafețe agricole, înlocuirea la anumite intervale de timp a stratului filtrant de pietriș mărgăritar și de nisip colmate, necesitatea limpezirii apei prin decantare și filtrare și uneori necesitatea folosirii unor puțuri adânci de infiltrație.

În anumite condiții este posibil a se realiza un tip deosebit de amenajare, care să permită îmbinarea avantajelor celor două soluții prezentate, conducând totodată la eliminarea dezavantajelor menționate.

Acest tip de amenajare se poate realiza în zona colinară a unui curs de apă cu fund permeabil și pat aluvionar cu granulație mare sau mijlocie și care prezintă un aport subteran suficient de mare și stabilitate geomorfologică. Îmbogățirea și gospodărirea rațională a rezervei de apă subterană, într-o anumită secțiune, se poate obține prin realizarea unei acumulări artificiale subterane de apă, prin bararea scurgerii sub albia mi-

\* R. Prișcu și col., „Ingineria seismică a construcțiilor hidrotehnice”, 1980.

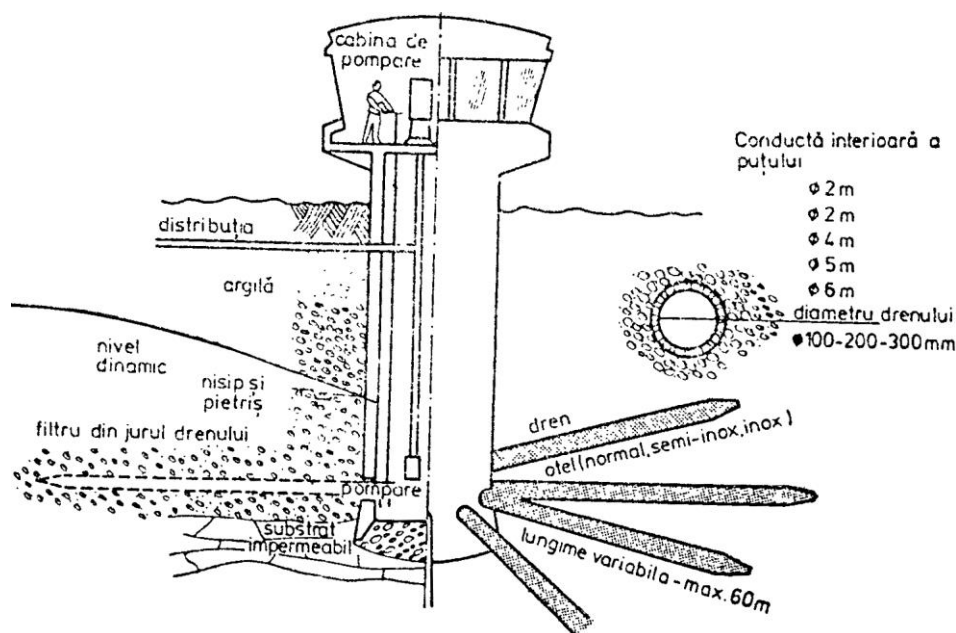


Fig. 5.14. Secțiune printr-un puț cu drenuri radiale.

noră și majoră a cursului de apă, cu un baraj îngropat transversal.

O astfel de amenajare permite captarea prin mijloace simple a apei din acumulare, indiferent de variația nivelului în cursul de apă de suprafață și chiar în caz de secare a acestuia, precum și transportul gravitațional al apei către consumatorii (irigații, alimentări cu apă) amplasați în aval, la o cotă inferioară.

#### 5.1.2.1. Elemente constructiv-funcționale și condiții de aplicare

Principalul component al amenajării îl constituie barajul subteran (sub albie), amplasat transversal față de sensul de curgere al apei, având forma de V cu aripile egale sau inegale, încastrate în malurile luncii și având vârful orientat spre aval (figurile 5.15; 5.16; 5.17 – reperi se citesc pe cele trei figuri în comun).

Barajul este realizat într-o tranșee trapezoidală (1) pe fundul căreia este turnată monolit fundația de beton (2) pe care se pozează longitudinal galeria de captare (3) integrată în corpul barajului (4).

Corpul barajului se execută din zidărie de piatră sau eventual din elemente prefabricate din be-

ton (de exemplu din blocuri tip „fluture”) și este delimitat spre aval de un perete (5) de etanșare din argilă bătută (sau beton), iar la partea superioară de o carcasă din beton (6) cu rol de protecție.

Această carcasă se realizează sub formă de prag de-versant și depășește cel mult 0,30-0,50 m fundul stabil al albiei râului, având rolul și de reducere a colmatării în zona construcției prin mărirea vitezei apei și de îmbunătățire a infiltrației apei în cazul nivelurilor foarte mici în râu.

Cele două galerii de captare (3) ( $I_{long} = 0,2-0,4\%$ ) sunt executate din zidărie de piatră sau din elementele pre-

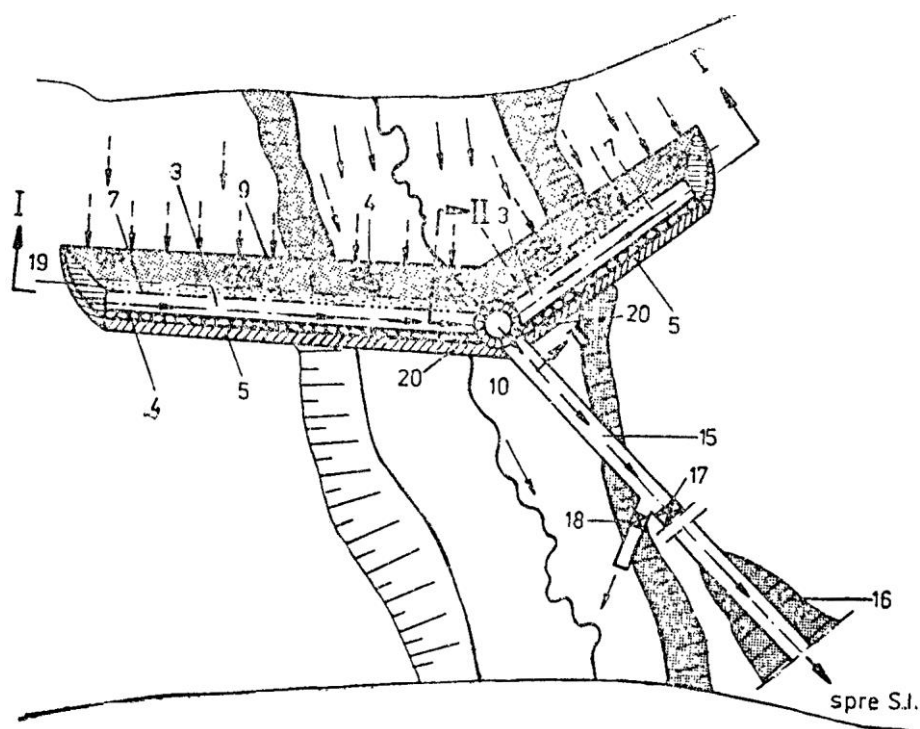


Fig. 5.15. Secțiune în plan orizontal (III-III), v. și fig. 5.16: 1 – tranșee; 2 – fundație; 3 – galerii de captare; 4 – corpul perete de etanșare aval; 6 – prag-carcasă de protecție; 7 – ferestre de captare; 8 – grătare (site); 9 – strat filtrant; 10 – puț de colectare-vizitare; 11 – planșeu; 12 – chepeng de acces; 13 – scară interioară; 14 – pante de legătură; 15 – galerie de aducțiune; 16 – canal de aducțiune; 17 – obturator (vană) de reglaj  $Q$ ; 18 – obturator de siguranță; 19 – pineni de încastrare în mal; 20 – obturatoare galerii (individuale).

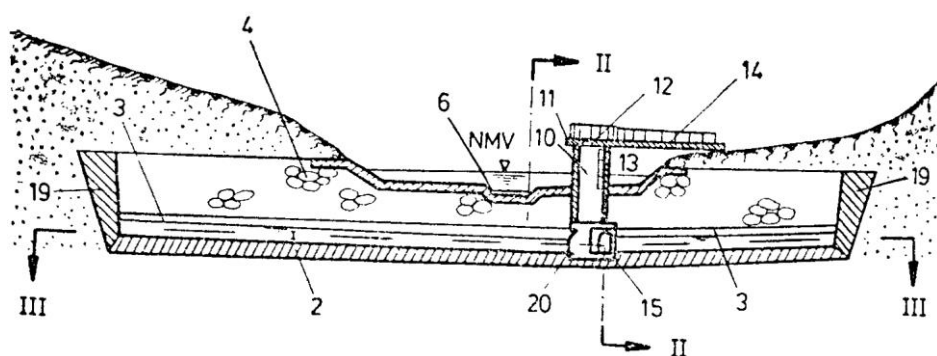


Fig. 5.16. Secțiune verticală longitudinală (I-I) (v. legenda fig. 5.15).

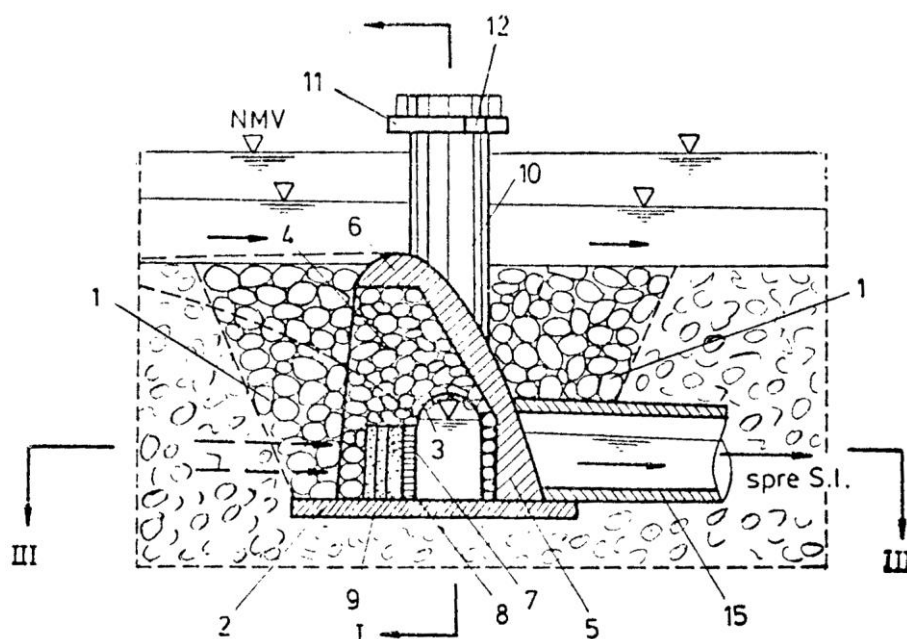


Fig. 5.17. Secțiune verticală transversală, cu vedere (II-II) (v. legenda fig. 5.15).

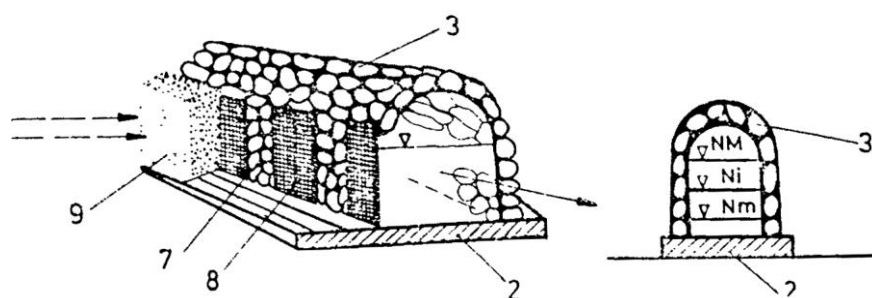


Fig. 5.18. Detalii galerie captare (v. legenda fig. 5.15).

strat filtrant de pietriș sortat (9).

Galeriile conduc apa captată către un puț (10) cu rol de colectare-vizitare, vertical, având secțiunea circulară sau ovoidală cu vârful spre amonte, realizat din prefabricate din beton armat, eventual turnat monolit, sau cheson.

Puțul (10) este amplasat de regulă asimetric în albie, în apropierea malului unde se află consumatorul, și este prevăzut la partea superioară cu planșeul (11) în

care este practică o deschidere acoperită cu capacul (12). Planșeul este racordat cu malul printr-o punte de legătură (14), protecția fiind asigurată de un grilaj metalic. O scară (13), pozată pe peretele interior, permite accesul în interiorul puțului.

Către aval, în apropierea bazei, este practicat un orificiu mare în peretele puțului, la care se racordează o galerie (15) de aducțiune a apei către consumator, îngropată pe o lungime ce depinde de configurația locală a terenului. Galeria de aducțiune, executată din beton, are secțiunea transversală tip potcoavă de cal, circulară sau dreptunghiulară și se continuă cu un canal deschis (10), cu secțiune trapezoidală, care conduce gravitațional apa către rezervorul (consumatorul) situat în aval.

Galeria (15) este prevăzută la capătul aval cu un sistem de două obturatoare, unul frontal (17), din care se reglează debitul de consumator, în funcție de aportul de apă în acumularea subterană (respectiv nivelul apei în puțul colector) și altul lateral (18), de securitate, necesar pentru descărcarea în râu a debitelor în surplus, atunci când consumatorul nu utilizează apa, precum și pentru spălarea instalației.

Obturatorul (18) joacă rolul evacuatorului de fund de la barajele de suprafață, menținând la exploatare nivelul de apă dorit în acumularea subterană.

Pintenii barajului îngropat (19) se încastrează în mal, se consolidează suplimentar și se

racordează cu carcasa de protecție de la partea superioară.

În figura 5.19 se prezintă un exemplu de amenajare a sursei de apă, cu transport gravitațional către consumator.

Tipul de amenajare prezentat se pretează la următoarele condiții locale:

– curs de apă cu aport de suprafață permanent



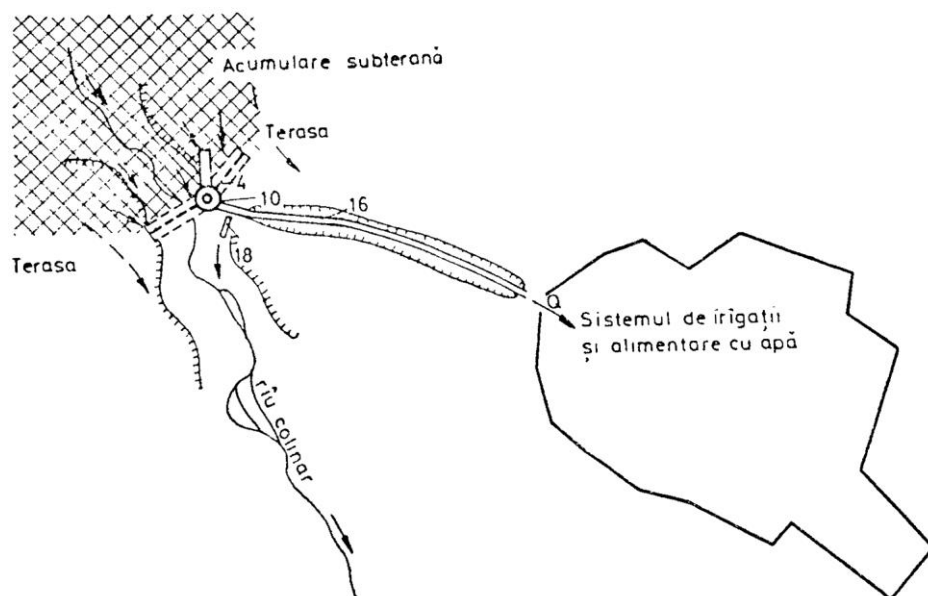


Fig. 5.19. Exemplu de amenajare (v. legenda fig. 5.15).

- evitarea colmatării râului în secțiunea lucrării;
- evitarea afuiierilor în aval de lucrare, prin faptul că nu se produc modificări ale scurgerii normale în albia râului;
- eliminarea construcțiilor greoaie, dificile, de descărcare și disipare a energiei;
- captarea și transportul apei gravitațional către consumatori, prin construcții de priză și de aducțiune simple;
- control simplu și sigur al funcționării, cu exploatare ușoară;
- posibilitatea automatizării hidraulice simple a funcționării ansamblului (cu comandă din aval și restricții din amonte).

sau nepermanent;

- zona colinară, de deal, a cursului de apă;
- aport subteran suficient;
- pat aluvionar cu granulație mare sau mijlocie;
- stabilitate geomorfologică;
- maluri rezistente, terasă la nivel sau înaltă;
- înclinarea straielor de preferință relativ paralelă cu axa longitudinală.

În comparație cu o acumulare de suprafață cu baraj subteran și cu metodele clasice de îmbogățire a pânzelor de apă freatică, se evidențiază următoarele avantaje în cazul acumulării subterane:

- crearea de rezerve de apă în subteran, sub albia cursului de apă;
- îmbogățirea pânzelor de apă freatică în zona de influență;
- gospodărirea rațională a apelor subterane (sub albie), care în general nu sunt utilizate;
- toate avantajele unei acumulări de suprafață, dar cu evitarea pierderilor de apă prin evaporatie, reducerea presiunii hidrostatice, reducerea (minimalizarea) terenului scos din circuit, evitarea colmatării acumulării;
- amplasamentul nu depinde de forma și lățimea văii cursului de apă;
- economii apreciabile de materiale în raport cu un baraj în albie;
- utilizarea unor materiale locale, fără pretenții deosebite, pentru realizarea barajului;
- posibilitatea utilizării prefabricatelor;
- stabilitate mare a barajului (îngropat) într-o tranșee transversală;
- funcționarea captării chiar și la niveluri reduse în cursul de apă de suprafață și chiar în caz de secare;

### 5.1.2.2. Indicații privind calculul elementelor componente

#### 1° Condiții de scurgere și interceptie a scurgerii

În practică se pot întâlni mai multe situații, calculele efectuându-se conform specificului fiecăreia (D. Prepelită).

Captarea apelor subterane se consideră de tip orizontal, cu drenuri (galerii) perfecte (I), dacă acestea se construiesc pe substrat impermeabil, sau imperfecte (II), dacă se construiesc mai sus față de substratul impermeabil.

Captarea este cu acțiune frontală, cu alimentare dintr-o singură parte (în sensul curgerii apei), de tip interceptant, întrucât elementele captatoare sunt pozate transversal față de direcția curentului subteran.

Există uneori posibilitatea alimentării și din terasă, dar în general debitele din această direcție sunt mici, iar dacă direcția curentului este aproximativ paralelă cu direcția principală a curgerii sub albie, acest aport se neglijează (cazul nivelurilor normale în râu).

Legătura dintre apa din stratul freatic din luncă – terasă și apa din râu, la diferite niveluri, se poate prezenta astfel (fig. 5.20):

1. la ape mari în râu este alimentată și terasa, iar surplusul de apă poate ocoli barajul, prin (pe sub) terasă; și își continuă drumul spre aval (5.20, a);

2. la ape mici (sau secetă) în râu (5.20, b), apa freatică din terasă și de sub albie se concentrează în secțiunea de amplasare a lucrării, obținându-se efectul de îmbogățire (acumulare subterană) sub albie.

Analizând spectrul mișcării apei din acumularea subterană către cele două galerii (drenuri) de captare

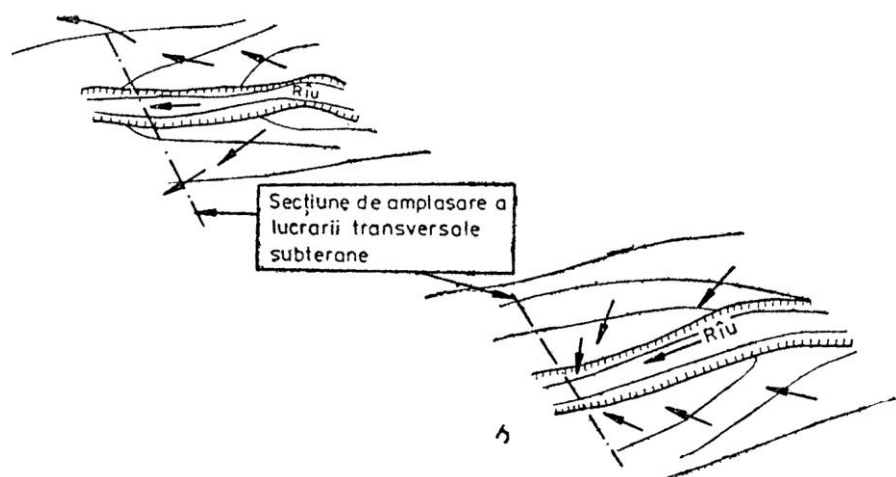


Fig. 5.20. Corelația terasă – râu: a) la ape mari (viituri); b) la ape mici (secetă).

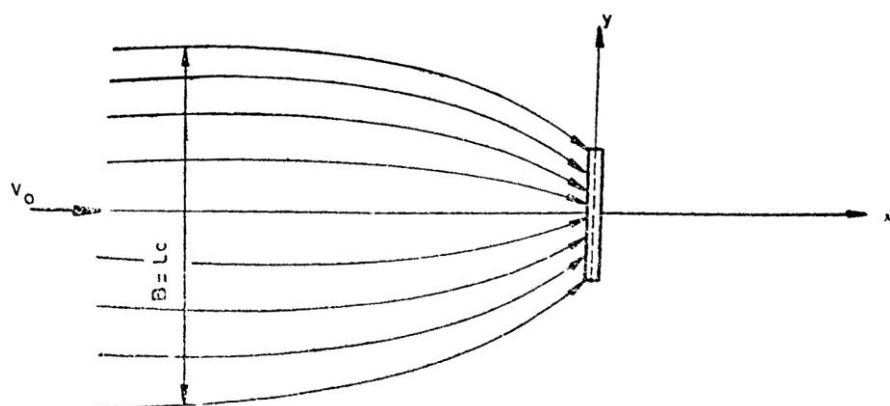


Fig. 5.21. Spectrul mișcării apei freatice către galeria captoare.

interceptoare, rezultă că se poate capta un debit  $Q_c$  care se scurge pe frontul de strat de lărgime  $B = L_c$  cu o lungime totală de galerie  $l_{real} < \alpha_{calcul}$  (fig. 5.21).

## 2° Elementele de dimensionare

1. *Dimensionarea captării.* În principiu, *dimensionarea captării* cu galerii interceptoare frontale, alimentată dintr-o singură parte (latura amonte), constă în determinarea: lungimii totale a galeriei ( $L_c$ ), denivelării în galerie ( $h_c$ ), dimensiunilor secțiunii transversale și pantei longitudinale a galeriilor.

Schema de calcul pentru cazul arătat mai sus, cu pozarea galeriei pe pat impermeabil, înclinat cu o pantă mijlocie ( $0,003 < I < 0,01$ ), în situația cea mai nefavorabilă – râu secăt (v. fig. 5.20, b) și dren perfect ( $I$ ) se prezintă astfel (fig. 5.22):

– debitul specific al galeriei are expresia:

$$q = H \cdot k \cdot I = h \cdot k \cdot J \text{ (l/sm)} \quad (16)$$

în care:

$H$  este grosimea stratului de apă neinfluențat de captare (NH);

$I$  – panta patului impermeabil;  
 $J$  – panta suprafeței libere, la distanța  $x$  de galerie.

– lungimea  $L_c$  a galeriei interceptoare (totală pentru ambele ramuri):

$$L_c = K_s \frac{Q_c}{H_{min} \cdot K \cdot i} \text{ (m)} \quad (17)$$

în care:

$K_s$  este coeficient de siguranță;  
 $Q_c$  – debitul de calcul al captării ( $m^3/s$ );

$H_{min}$  – grosimea medie a stratului de apă subterană cu nivel liber ( $b^*$ ) pe lungimea frontului de strat acvifer, considerat la nivelul cel mai scăzut al apei subterane, în m;

$K$  – coeficient mediu de permeabilitate (m/s);

$i$  – panta hidraulică medie a curentului subteran.

În cazul când galeria este un dren imperfect (II), adică talpa acestuia se poartă deasupra stratului impermeabil, de bază, se înlocuiește în formulă grosimea  $H_{min}$  a stratului de apă, cu grosimea  $H_{min}$  calculată de la nivelul hidrostatic minim până la radierul galeriei.

– denivelarea apei la intrarea în galerie caz I (și  $I > 0,003$ ):

$$h_0 = \sqrt{H^2 - \frac{2q \cdot X_{max}}{K}} \text{ (m)} \quad (18)$$

în care:

$X_{max}$  este zona de acțiune.

Nivelul apei în galerie este mai coborât decât nivelul apei în strat la intrare ( $h_0$ ) cu înălțimea de izvorâre:

$$\Delta h = \alpha \cdot \frac{q}{K} \quad (19)$$

în care:

$$\alpha = 0,60 - 0,75$$

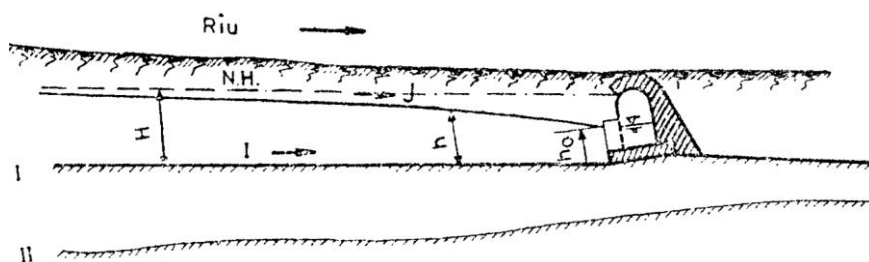


Fig. 5.22. Schema de calcul – ipoteza I „aport minim”.

În cazul II, problema este mai complicată și se vor face determinări și verificări experimentale.

În situația în care acumularea subterană este plină și nivelul apei în râu este mare (maxim) se consideră că drenul captează apa dintr-un bazin subteran, sub presiune (intervine efectul de bazin), caz în care panta nu mai influențează captarea ( $I = 0$ ) și nici curentul paralel (de terasă).

– secțiunea transversală a galeriei se stabilește din considerente hidraulice constructive și de exploatare. Forma este, cel mai frecvent, cea de potcoavă de cal. Calculul hidraulic se face astfel încât, la scurgere cu nivel liber în galerie, gradul de umplere să fie circa 0,5-0,6.

Din condiții de exploatare, pentru galeria vizibilă, dimensiunile minime sunt: lățime 0,70 m, înălțime 1,70 m.

– panta longitudinală a galeriei (pentru fiecare ramură cu sensul spre puțul colector), se poate determina pentru scurgerea apei captate cu nivel liber, în limitele vitezei admisibile. Se va ține seama de turbulența sporită a apei, ca urmare a existenței orificiilor (ferestrelor) de acces și filtrului invers, considerându-se un coeficient de rugozitate mai mare decât cel considerat în mod obișnuit pentru canale de beton.

Panta minimă admisă din considerații constructive va fi de 0,001.

2. *Dimensionarea puțului colector.* În ceea ce privește dimensionarea puțului colector, se va avea în vedere stabilirea înălțimii, diametrului și grosimii peretelui.

– înălțimea ( $H_p$ ) se stabilește în funcție de poziția tălpii fundației ( $h_f$ ) în cazul I sau II și de nivelul apelor maxime ( $h_{\max}$ ) în cursul de apă de suprafață (fig. 5.23):

$$H_p = h_f + h_{\max} + h_{\text{sig}} \quad (\text{m}) \quad (20)$$

Se va lua  $h_{\text{sig min}} = 1 \text{ m}$ .

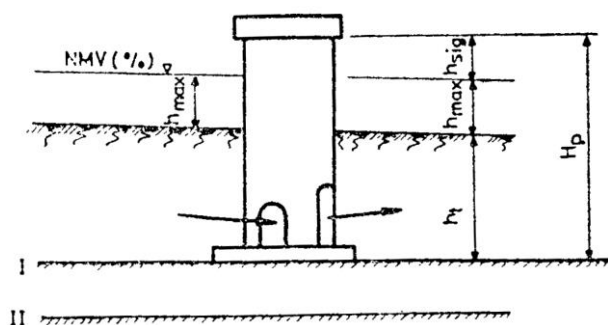


Fig. 5.23. Stabilirea înălțimii puțului colector.

– diametrul, în funcție de înălțime și din condiția de exploatare (vizitare) va fi de minim 1,50 m, utilizându-se raportul obișnuit de la chesoane.

– grosimea peretelui, în funcție de înălțime, se va lua din condiții de rezistență.

3. *Galeria și canalul de aducțiune* nu pun pro-

bleme deosebite de dimensionare; se va avea în vedere scurgerea gravitațională; debitul total maxim și panta longitudinală minimă de 0,1‰ (în funcție de poziția altimetrică a consumatorului).

### 3° Alte indicații constructive

Pentru buna funcționare a captării, ferestrele de captare vor fi prevăzute cu un filtru de pietriș cu 2-3 straturi, având granulometria crescătoare spre sita ferestrei.

Fundul căminului se va coborî cu minim 0,50 m sub fundul galeriei, pentru a permite reținerea nisipului, care eventual a fost antrenat în captare, și curățarea ușoară.

Pentru mărirea siguranței în funcționare, fiecare ramură de galerie se va prevedea la capătul dinspre puțul colector cu dispozitive de obturare (20).

Pentru controlul modului de funcționare, în puț se vor prevedea dispozitive de măsurare a debitelor de apă și a nivelurilor.

Carcasa de protecție, sub formă de prag dever-sant, se va asigura la acțiunea ghețurilor în perioada de iarnă și va avea formă profilată ce nu va depăși cu și mult fundul stabil al cursului de apă (maxim 0,50 metri).

În situația II (strat impermeabil la adâncime), în funcție de condițiile locale se pot aplica metode de impermeabilizare sub fundația barajului (injecții, voururi de etanșare etc.).

Elementele lucrării se vor stabili numai pe baza efectuării în secțiunea interesată a studiilor conform STAS-urilor în vigoare pentru lucrări subterane.

### 5.1.3. CAPTĂRI DIN APA MĂRII

Pe măsură ce amenajările agrozootehnice, igienno-sanitare, industriale, petrochimice, centrale termice, vor înregistra o dezvoltare din ce în ce mai mare și intensă în zona limitrofă mării, iar sursele de apă dulce vor fi neîndestulătoare, va trebui să se recurgă și la apa sistemelor de irigații.

În cazul litoralului Mării Negre, aportul apei sistemelor de irigații Carasu (între Vama Veche și Constanța) și Razelm (între Sinoe și Dunavăț) – figura 5.24 – poate deveni o realitate în acest scop, după cum în SE Franței Sistemul de Irigații Provençe contribuie substanțial la alimentarea litoralului (între Marsilia, Toulon și Nisa, v. cap. 5.4).

Creșterea cerințelor de apă, pentru aceste obiective, poate conduce în viitor și la contribuția apei mării, care o va completa pe cea adusă din sistemele de irigații, din surse locale ca și din Canalul Dunăre – Marea Neagră.

La captarea apei din mare, la organizarea uzi-

nelor de desalinizare, proiectantul și executantul sunt confrunțați cu probleme grele impuse și de calitatea apei, dar și de existența fenomenelor specifice: curenți și hule marine marea (în cazul altor litorale) etc.

Pentru reușita lucrării sunt obligatorii studiile pe modele reduse (v. Cap. 7.1 „Probleme de modelare”) (fig. 5.25) asupra (SOGREAH):

– timpului de priză, amplasării și dimensionărilor;

- construcției lucrărilor de protecție și dig;
- luptei contra înnisipării;
- efectul hulelor din diferite direcții.

Aceste probleme care trebuie studiate vizează: recircularea, desnisiparea, poluarea etc.

În cazul prizelor cu debite mici, care alimentează de exemplu bazinele de înot implantate în litoral, se

adoptă, în general, captări prin pompare cu aspirație din cheson și cu refulare în instalații – bazine de desnisipare și decantare.

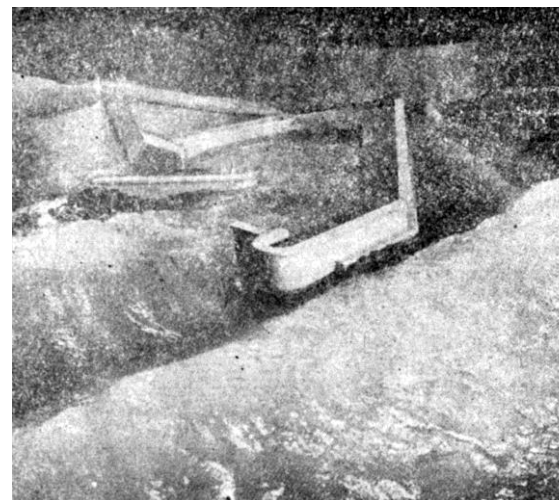


Fig. 5.25. Priza de apă marină (Lemoniz – Spania). Model redus 1/50.

Captarea apei, fără sau cu puțin material solid, constituie una din problemele importante ale prizelor marine, care se rezolvă cu ajutorul modelelor reduse (v. fig. 5.25), ce pot fi complementate de modele matematice. (Scările modelelor reduse pot fi de ordinul 1/50; 1/60).

Ca procedeu industrial de desalinizare a apei de mare se folosește distilarea.

Utilizarea caloriilor degradate disponibile permit obținerea unei ape de mare puritate, utilizabilă la producerea de vapori. Sunt în competiție mai multe procedee: detenta etajată (MSF) (fig. 5.26) și multiplu efect cu tuburi orizontale (HTME) sau cu strat subțire descendent în tuburi verticale (VTE).

Ca exemple de priză de apă marină, cu captarea lor, pot fi menționate cele realizate cu bune rezultate (pe modelele SOGREAH) pentru:

- Uzina de îngrășăminte Arzev (Algeria)  $Q = 25.000 \text{ m}^3/\text{oră}$ ;
- Centrala termică Biehs (Senegal)  $Q = 11.900 \text{ m}^3/\text{oră}$ ;
- Centrala termică Acea (Spania)  $Q = 155.200 \text{ m}^3/\text{oră}$ .

În fig. 5.27 se prezintă instalațiile unei stații de desalinizare rea-

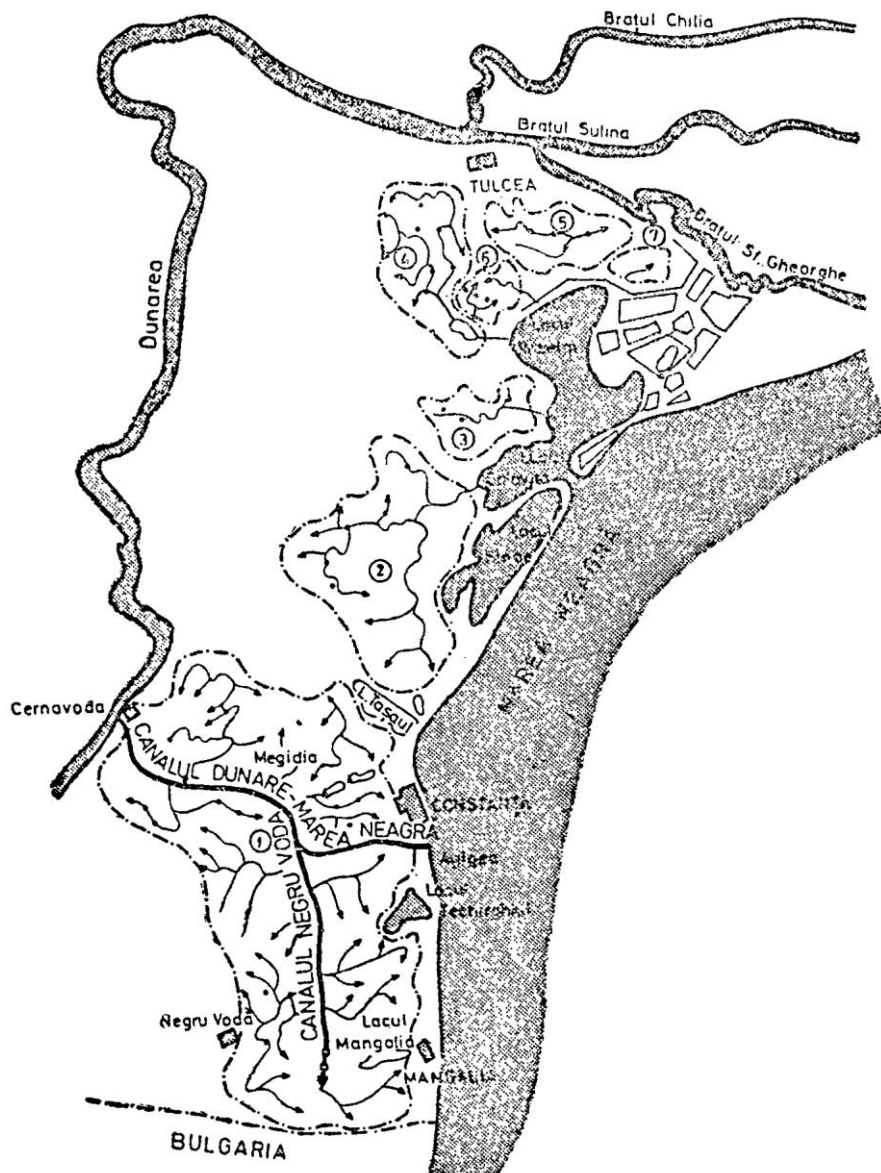


Fig. 5.24. Complex de irigații în zona litoralului Mării Negre: 1 – Carasu; 2 – Sinoe; 3 – Sud Razelm; 4 – Babadag; 5 – Beibuceac Sarinasuf; 6 – Sarichioi; 7 – Dunavăț.

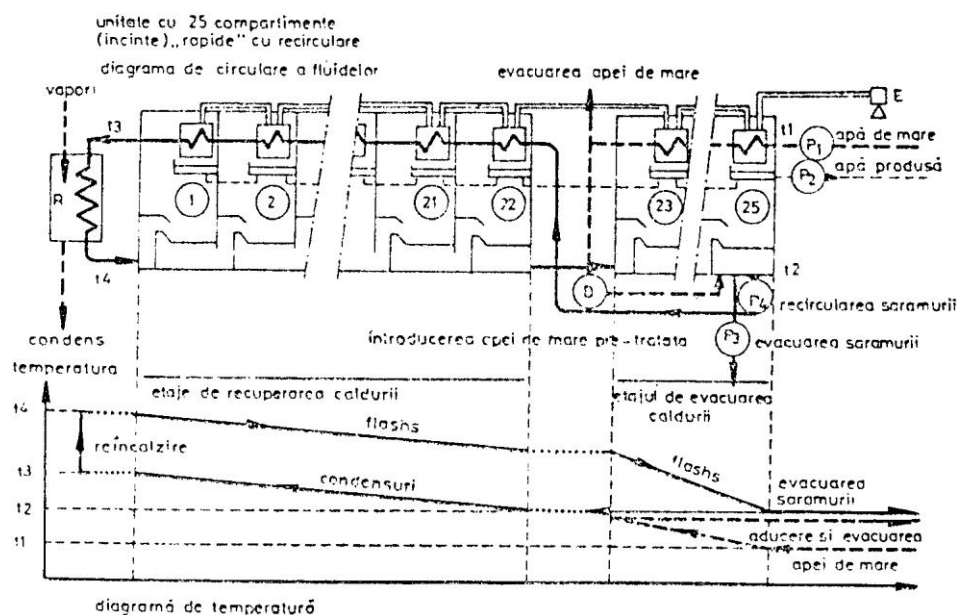


Fig. 5.26. Diagrama de funcționare: distilarea M.S.F.

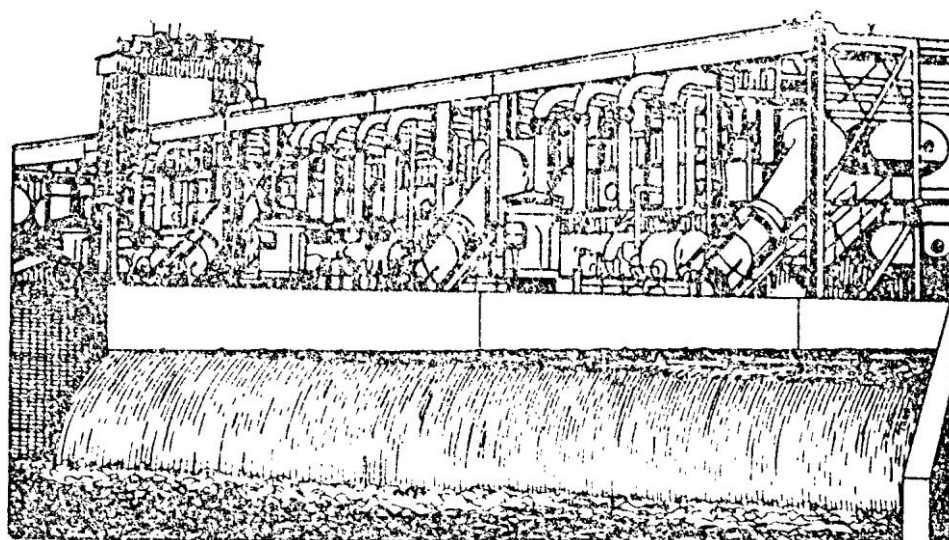


Fig. 5.27. Stație de desalinizare Kuwait (SOGREAH).

lizată pe baza unui model SOGREAH.

## 5.2. CONSIDERAȚII ASUPRA REȚELELOR DE ADUCȚIUNE, DISTRIBUȚIE ȘI CANALIZARE, ÎN CADRUL UNITĂȚILOR AGRICOLE ȘI A CENTRELOR POPULATE. EXEMPLE DE CALCUL ȘI STUDII

### 1° Aducțiunea apei

După calitatea apei, a debitului cerut, a distanței de transport și a naturii reliefului terenului, aducțiunile

pot fi sub formă de canale deschise sau conducte sub presiune.

Măsurile necesare a se lua pe bază de studii se referă la prevenirea coroziunii, la evitarea depunerilor și pentru preluarea suprasarcinilor, ca și pentru evidența și reglarea curgerii, acestea fiind comune tuturor genurilor de aducțiune.

Ceea ce diferențiază rețeaua de aducțiune irigații + alimentare cu apă, față de cea numai de irigații vizează:

1. ipotezele de funcționare;
2. necesitatea unor acumulări intermediare;
3. stațiile de epurare centrale sau locale (la nivelul comunelor și folosințelor).

Aceste aspecte necăzând sub incidența tematicii lucrării, „raționalizarea”, nu formează obiect de studiu aici, ci numai în subcapitolul 5.4, sub aspectul acumulărilor locale.

### 2° Distribuția, recircularea și canalizarea apelor din sectorul edilitar-gospodăresc

Problema „apelor reziduale” sub aspectul provenienței, transportului, epurării și evacuării reprezentând mare importanță în amenajările hi-

draulico-agrar, va fi tratată sub diverse aspecte în cele ce urmează.

Cu privire la rețeaua de evacuare-canalizare se vor reliefa condițiile și tehnicile care includ materialele noi, cu realizarea „rețelilor flexibile” și baza de calcul a acestora \*.

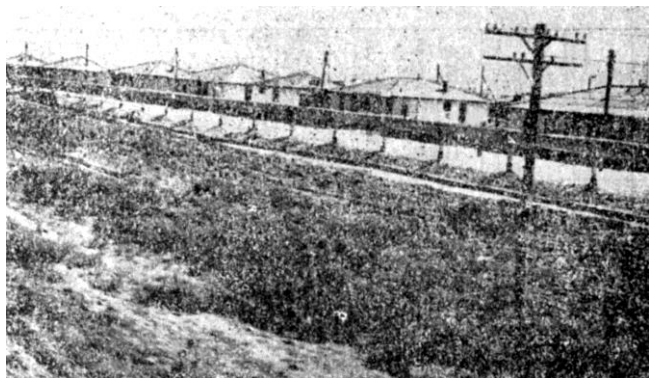
Această situație justifică necesitatea cunoașterii structurilor acestor rețele, începând de la locuințe, centre populate și industriale și continuând cu instalațiile de epurare și deversare.

Rețeaua de alimentare – distribuție – canalizare reprezintă un complex, care pe lângă rolul specific îl are și pe acela de protecție a mediului. Rețeaua trebuie

\* Catalog „Pont-A-Mousson” – Franța, 1981.

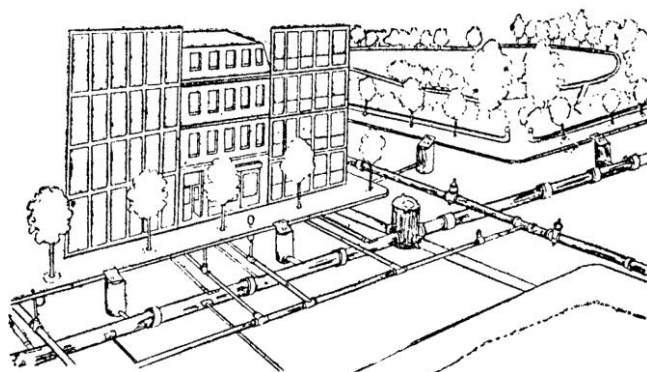
să asigure securitate în exploatare, indiferent de trecerea timpului (de îmbătrânire), de erorile celor ce o exploatează, de atacurile – agresivitatea terenului în care se încorporează și de aceea a produsului transportat.

Rețelele din interiorul centrelor populate pot să difere, de la cele mai simple structuri (exemplu cu jgheaburi, figura 5.28) și până la cele mai moderne (exemple cu rețele de conducte subterane de alimentare și evacuare figura 5.29).



**Fig. 5.28.** Alimentarea cu apă din rețeaua de irigație (jgheab) a unui sediu de fermă, dintr-o zonă nouă luată în cultură – Golodnaia Stepî.

Rețeaua subterană este constituită din tuburi de diverse materiale (fontă, azbociment, policlorură de vinil rigid – PVC, polietilenă de înaltă densitate – PE î.d., oțel, beton precomprimat) și din armăturile aferente; diametrul acestora variază de la 60 la 1.800 mm.



**Fig. 5.29.** Schema rețelei de distribuție și canalizare din interiorul unui centru populat.

Introducerea materialelor plastice de mare performanță a făcut posibilă realizarea unor rețele zise „flexibile”, (fig. 5.30), spre deosebire de cea clasică, în aliniamente.

Aceste rețele „flexibile”, prezintă următoarele caracteristici principale:

- rezistențe mecanice mari, la diversele sollicitări;
- rezistențe chimice atât la fluidele transportate cât și la acțiunile agresive ale terenurilor;
- pereții care nu permit depunerile și încrustațiile;
- etanșeitate totală (interior și exterior);

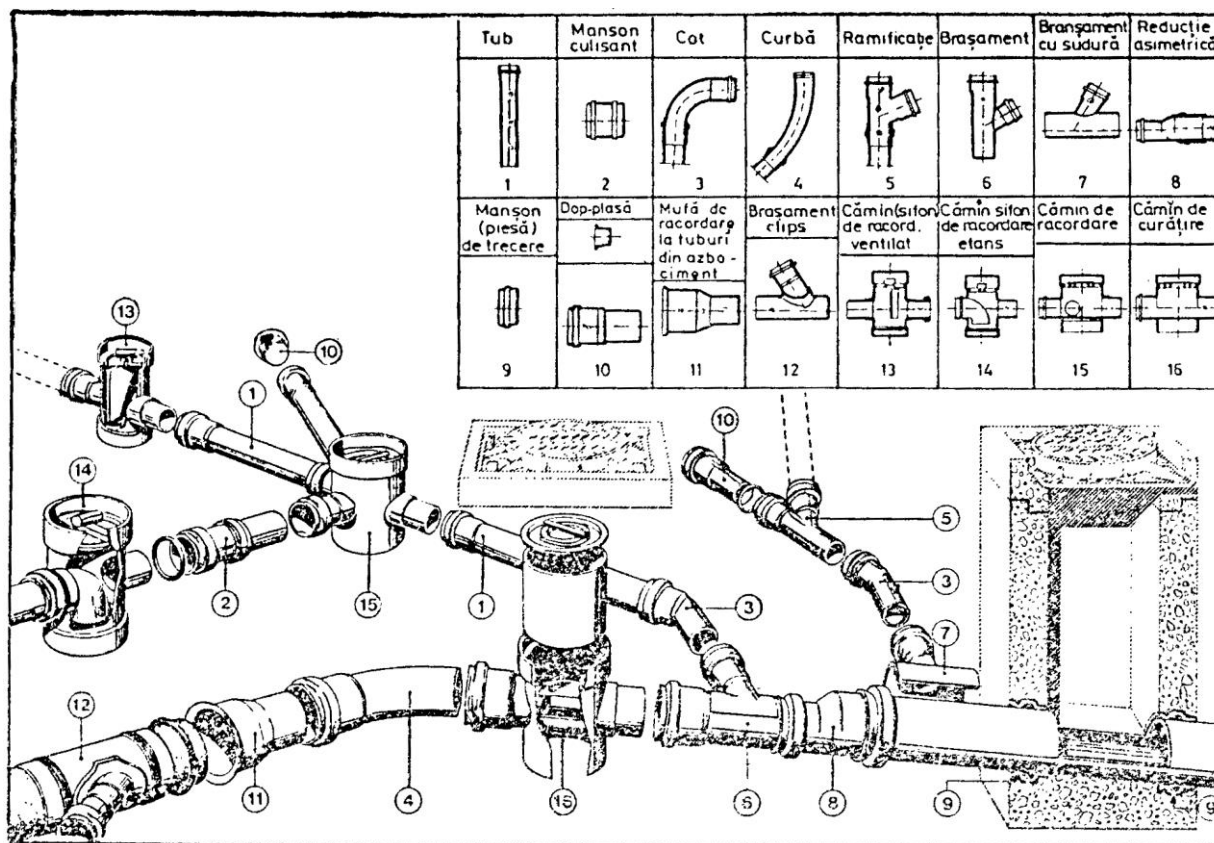


Fig. 5.30. Rețeaua de canalizare din P.V.C. rigid D = 110-400 mm.

- punerea în operă ușoară, economică și cu cheltuieli reduse de întreținere;
- durată mare de funcționare;
- calități hidraulice superioare: debite importante și autocurățire.

Pentru sprijinirea introducerii acestor rețele în construcțiile agricole, se vor da unele detalii de proiectare (Pont-A-Mousson).

Debitele transportate de rețeaua din PVC rigid variază cu calitatea apelor transportate. Astfel, folosindu-se formula Manning-Strickler, rezultă (pentru):

– *apele uzate*:  $Q = K \cdot S \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$  (m<sup>3</sup>/s) și figura 5.31, cu: un procent de umplere de 95%, cu viteza de scurgere  $V$ , cu panta  $I$  și diametrul exterior  $D_e$ , în care  $K = 120$  – coeficient de scurgere;  $S$  – secțiunea udată (m<sup>3</sup>) și  $R$  – raza hidraulică.

– *apele pluviale*:  $Q = K \cdot S \cdot R^{\frac{3}{4}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$  (m<sup>3</sup>/s) și figura 5.32 cu: semnificațiile anterioare (asupra:  $V$ ,  $I$ ,  $D_e$ ,  $K$ ,  $S$ ,  $R$  și aceeași umplere de 95%).

În relația debitului, ca și din graficul redat în abaca din figura 5.32, se constată o oarecare diferență de debit, în funcție de natura fluidului transportat.

În abaca din figura 5.33 se indică, pentru o pantă

dată, raporturile debitelor  $\frac{q}{Q}$  și al vitezelor  $\frac{v}{V}$  care

există între două rețele identice, una fiind parțial plină și alta în procent de 95%;

– literele mari  $Q$  și  $V$  – indică valorile debitelor și vitezelor în rețeaua plină 95%;

– literele mici  $q$  și  $v$  – indică valori corespunzând scurgerii parțiale;

– înălțimea de umplere  $h$  se măsoară după diametrul  $D$  vertical al conductelor;

– o umplere parțială a conductei, fie  $\frac{h}{D} = 0,70$ , corespunde la o înălțime de umplere de 70% ( $h = 70/100 D$ );

– debitul maxim este atins când conducta este plină la 95% ( $h = 95/100 D$ ), tabelul 5.3;

– viteza minimă normală, pentru conductele PVC ce transportă ape uzate, este de 0,6 m/s, pentru autospălare, limitele variind între 0,6 și 2,5 m/s.

Caracteristicile geometrice ale tuburilor din PVC rigid (realizate de societatea franceză Pont-A-Mousson S.A.), sunt date în tabelele 5.4 și tabelul 5.5.

Pentru facilitarea activității celor interesați în proiectarea și exploatarea rețelilor de canalizare, pentru ape uzate, se dau în continuare trei tipuri de exemple de folosire a abacelor pentru calculul conductelor



din PVC (după catalogul Pont-A-Mousson – S.A., 1981).

*Exemplu (1):* pentru o conductă al cărui debit  $q = 70$  l/s și pantă  $I = 100\text{‰}$  (sau 100 mm/m) se cere:

1/ Să se determine  $DE$ .

Folosindu-se abaca din figura 5.31, pentru:  $I = 100$  mm/m și  $q = 70$  l/s (cu un procent de umplere de 95%) se obține un punct cuprins între  $DE$  200 și  $DE$  250. Se alege  $DE$  250.

2/ Să se reducă panta conductei astfel încât cu  $DE$  250 să se transporte debitul cerut  $q = 70$  l/s.

Conform abacei din figura 5.31 cu  $DE$  250 și  $I = 100$  mm/m se poate transporta  $Q = 82$  l/s, cu o viteză  $V = 1,30$  m/s. Acest debit  $Q$  este superior celui fixat  $q$ . Reducând panta la 80‰, conducta va putea transporta debitul  $Q_1 = 73$  l/s, cu viteza  $V_1 = 1,15$  m/s. Se alege:  $I = 8$  mm/m, pentru ca  $DE$  250 să transporte aproximativ debitul fixat.

3/ Să se determine viteza de curgere prin conducta cu  $DE$  250, cu umplere parțială.

Raportul debitelor (între conducta cu procentul de umplere de 95% și conducta de curgere parțială) este de:  $\frac{q}{Q} = \frac{70}{82} = 0,85$ . Abaca din figura 5.33 dă, pentru

valoarea raportului  $\frac{q}{Q}$ :

- un procent de umplere  $h/D = 0,75$ ;
- un raport al vitezelor  $v/V = 1,03$ .

Viteza căutată este:

$$v = 1,03 \times 1,30 = 1,34 \text{ m/s.}$$

**Tabelul 5.3.** Conducte de canalizare din PVC –

Caracteristicile hidraulice ale conductelor cu umplere parțială în raport cu procentul de umplere  $h/d = 0,95$

Umplere parțială, $h/D$	Secțiune udată, $s/S$	Perimetru ud, $p/P$	Raza hidraulică, $r/R$	Viteza de scurgere, $v/V$	Debit, $q/Q$
0,05	0,0190	0,1676	0,1137	0,234	0,0040
0,10	0,5311	0,2389	0,2223	0,367	0,0195
0,15	0,1005	0,2953	0,3403	0,462	0,0485
0,20	0,1417	0,3448	0,4201	0,562	0,0814
0,25	0,1908	0,3894	0,4901	0,629	0,1202
0,30	0,2569	0,4311	0,5959	0,708	0,1822
0,35	0,3178	0,4706	0,6755	0,760	0,2420
0,40	0,3802	0,5093	0,7485	0,823	0,3136
0,45	0,4476	0,5471	0,8182	0,885	0,3878
0,50	0,5097	0,5841	0,8726	0,911	0,4653
0,60	0,6381	0,6589	0,9885	0,976	0,6250
0,70	0,7492	0,7371	1,0164	1,021	0,7791
0,75	0,8196	0,7786	0,0526	1,034	0,8488
0,80	0,8736	0,8230	1,0615	1,041	0,9098
0,90	0,9659	0,9290	1,0397	1,026	0,9920

0,95	1	1	1	1	1
1,00	1,0191	1,1682	0,8726	0,912	0,9307

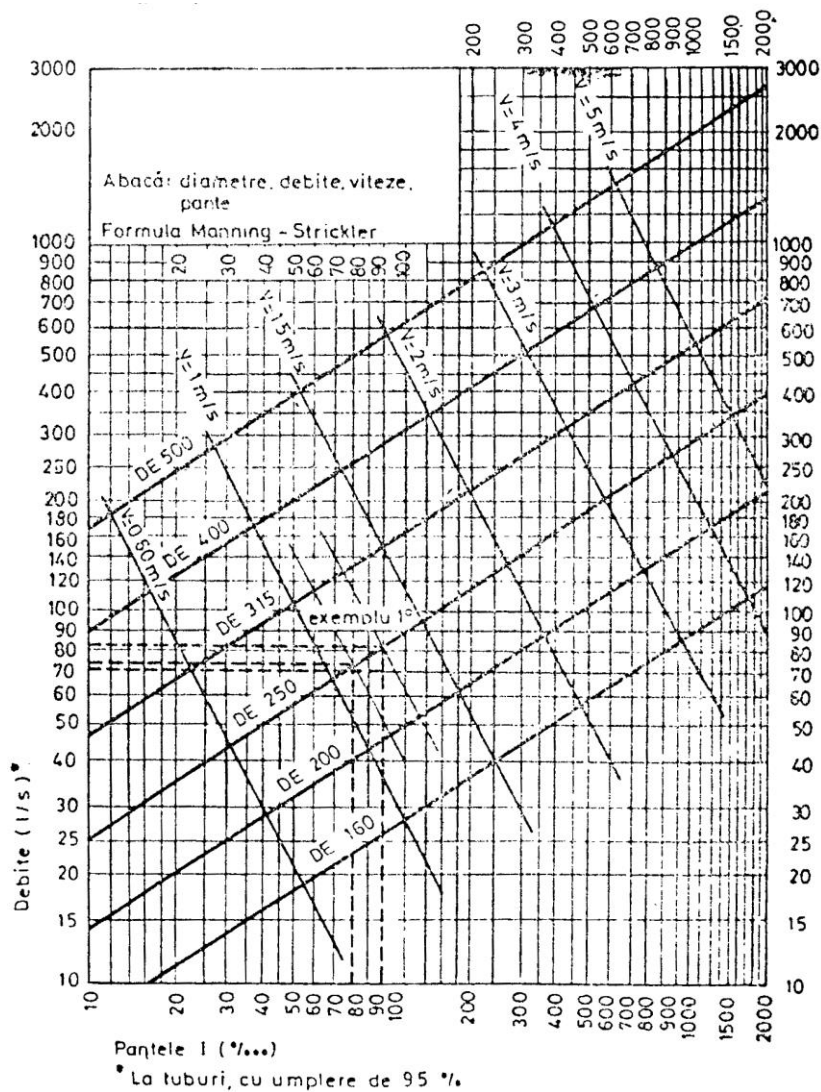


Fig. 5.31. Abacă. Caracteristicile hidraulice ale conductelor de canalizare din PVC, pentru ape uzate.

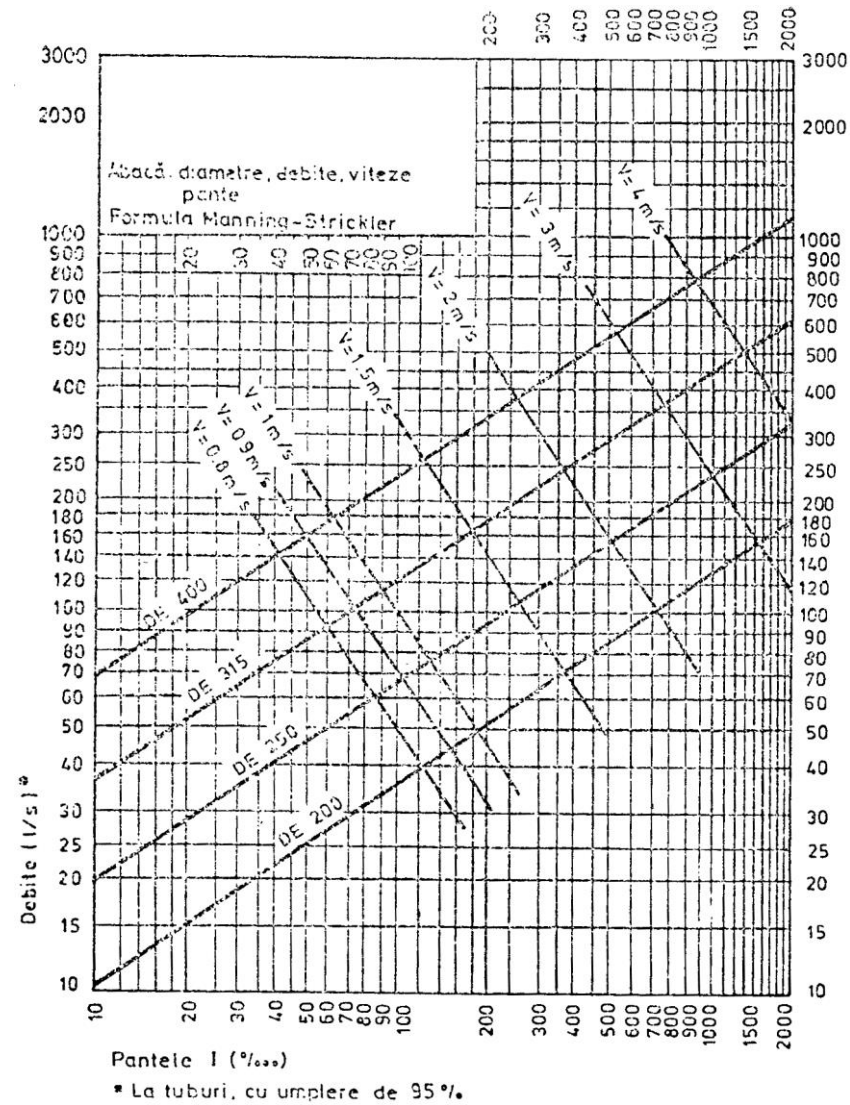
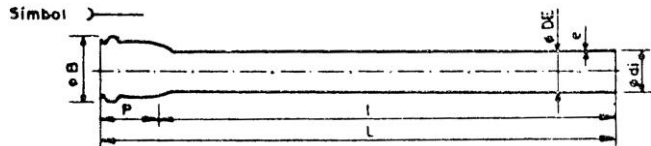


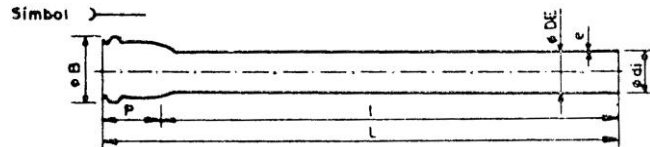
Fig. 5.32. Abacă. Caracteristicile hidraulice ale conductelor de canalizare din PVC, pentru ape pluviale.

Tabelul 5.4. Caracteristici geometrice ale tuburilor de canalizare PVC rigid cu  $L_{tot} = 4$  m



Diametrul exterior nominal <i>DE</i>	<i>e</i>	Notații <i>di x DE</i>	Simbol	<i>P</i>	Lungime utilă nominală <i>l</i>	<i>B<sub>max</sub></i>	Greutate calculată	
							pe tub	metru de tub
	mm	mm		mm	m	mm	kg	kg
Seria I – refulări și colectoare speciale								
110	3,2	103,6 x 110	AN 11 A OL	105	3,90	139	6,010	1,510
125	3,2	118,6 x 125	AN 12 A OL	108	3,89	155	6,880	1,720
160	3,8	152,4 x 160	AN 16 A IL	114,5	3,89	193	10,410	2,610
200	5	190 x 200	AN 20 A IL	122	3,88	236	7,160	4,290
250	6,3	237,4 x 250	AN 25 A IL	130,5	3,87	291	27,040	6,760
315	8	299 x 315	AN 31 A IL	142,5	3,86	360	43,210	10,810
400	10,5	r 379 x 400	AN 49 A IL	159	3,04	153	71,960	17,990
Seria II – branșamente								
110	se alege idem pentru seria I							
125								
160	3,4	153,2 x 160	AN 16 A OL	114,5	3,89	193	9,360	2,340
200	4	192 x 200	AN 20 A 6L	122	3,88	236	14,680	3,670
250	5,4	239,2 x 250	AN 25 A 5L	130,5	3,87	291	23	5,750
315	6,5	302 x 315	AN 31 A 6L	142,5	3,86	360	36,600	9,150
Seria III – colectoare								
250	4,4	241,2 x 250	AN 25 A OL	130,5	3,87	291	19,040	4,760
315	5,4	304,2 x 315	AN 31 A OL	142,0	3,86	360	29,400	7,350
400	6,9	386,2 x 400	AN 40 A OL	159	3,84	453	47,720	11,930

Tabelul 5.5. Caracteristici geometrice ale tuburilor de canalizare PVC rigid cu  $L_{tot} = 6$  m



Diametrul exterior nominal <i>DE</i>	<i>e</i>	Notații <i>di x DE</i>	Simbol	<i>P</i>	Lungime utilă nominală <i>l</i>	<i>B<sub>max</sub></i>	Greutate calculată	
							pe tub	metru de tub
	mm	mm		mm	m	mm	kg	kg
Seria I – refulări și colectoare speciale								
110	3,2	103,0 x 110	AN 11 A 0R	105	5,90	139	9,000	1,510
125	3,2	118,0 x 125	AN 12 A 0R	108	5,89	155	10,320	1,720
100	3,8	152,4 x 100	AN 12 A 1R	114,5	5,89	193	15,600	2,010
200	5	190 x 200	AN 20 A 1R	122	5,88	236	25,740	4,290
250	0,3	237,4 x 250	AN 25 A 1R	130,5	5,87	291	40,560	0,760
315	8	299 x 315	AN 31 A 1R	142,5	5,80	360	64,860	10,810
400	10,5	379 x 400	AN 40 A 1R	159	5,84	453	107,940	17,990
Seria II – branșamente								
110	se alege idem pentru seria I							
125								
100	3,4	153,2 x 100	AN 10 A CR	114,5	5,89	193	14,040	2,340
200	4	192 x 200	AN 20 A 6A	122	5,88	236	22,020	3,670
250	5,4	239,2 x 250	AN 25 A 6A	130,5	5,87	291	34,500	5,750
315	0,5	302 x 315	AN 31 A 6A	142,5	5,80	360	54,900	9,150
Seria III – colectoare								
250	4,4	241,2 x 250	AN 25 A 0R	130,5	5,87	291	28,560	4,760
315	5,4	304,2 x 315	AN 31 A 0R	142,5	5,86	360	44,100	7,350

---

400	0,9	380,2 x 400	AN 40 A 0R	150	5,84	453	71,580	11,930
-----	-----	-------------	------------	-----	------	-----	--------	--------

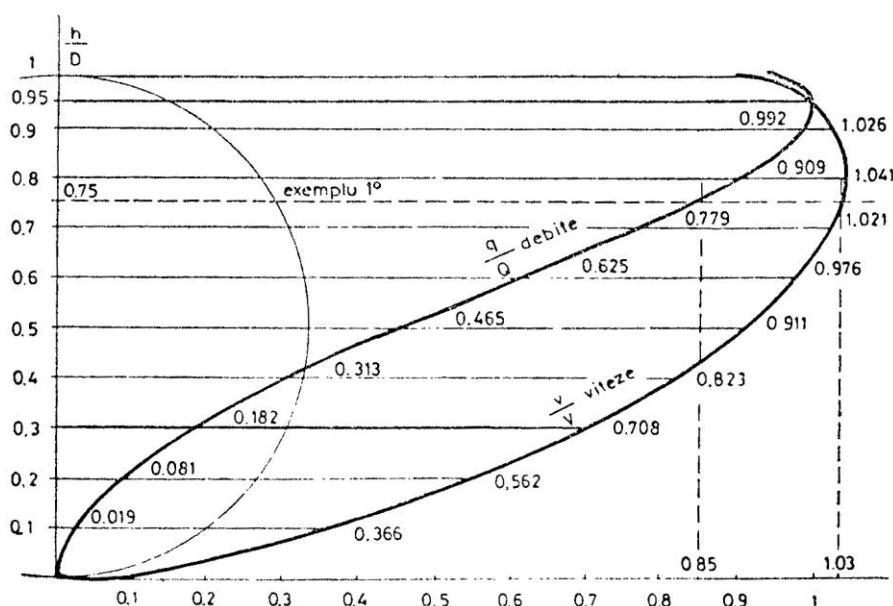


Fig. 5.33. Abacă. Caracteristicile hidraulice ale conductelor de canalizare PVC. Debite și viteze, în raport cu gradul de umplere  $h/D$ .

*Exemplul (2):* pentru o conductă DE 315, având o pantă  $I = 9$  mm/m (90‰) și debit  $q = 80$  l/s, se cere:  
1/ Să se determine viteza de scurgere.

Folosindu-se abaca din figura 5.31 pentru  $I = 9$  mm/m și DE 315 rezultă:

– un debit  $Q = 145$  l/s (la procentul de umplere de 95%);

– o viteză corespunzătoare  $V = 1,45$  m/s.

Debitul real  $q$  nefiind de 80 l/s, raportul

$$\frac{q}{Q} = \frac{80}{145} = 0,553.$$

Corespunzând pe abaca din figura 5.33 la:

– un procent de umplere de  $h/D = 0,55$ ;

– un raport al vitezelor  $v/V = 0,95$ .

Viteza de scurgere cerută este deci  $V = 0,95 \times 1,45 = 1,38$  m/s.

*Exemplu (3):* pentru o conductă DE 250, având diametrul interior  $D = 237,4$ , se cere:

1/ Panta  $I$ , care s-ar putea da, pentru ca viteza  $v$  să fie superioară la 0,6 m/s, pentru un debit  $q = 10$  l/s (viteza de 0,6 m/s este viteza limită normală pentru autospălare a conductei).

Dacă  $v = 0,6$  m/s, când  $q = 0,010$  m<sup>3</sup>/s, secțiunea udată  $s$  va fi:

$$s = \frac{q}{v} = \frac{0,010}{0,60} = 0,0166 \text{ m}^2$$

$s$  – fiind secțiunea udată a conductei la procentul de umplere de 95%, de 0,0434 m<sup>2</sup> pentru DE 250, raportul:

$$\frac{s}{S} = \frac{0,01665}{0,0434} = 0,384$$

În tabelul 5.3 se dă pentru ra-

portul  $\frac{s}{S} = 0,3802$  (valoare care se va confunda cu 0,384), un coeficient de umplere  $h/D = 0,40$  și un raport al vitezelor  $v/V = 0,823$ .

$$\text{Rezultă } V = \frac{0,60}{0,823} = 0,73$$

m/s (în cazul unei conducte cu procent de umplere de 95%).

În abaca din figura 5.31, pentru  $V = 0,73$  m/s și pentru DE 250, se indică o pantă  $I = 42$ ‰ (sau 4,2 mm/m).

Pentru a se întregi tabloul soluțiilor reprezentative de rețele de distribuție-canalizare, în figura 5.34 se prezintă schița acestora în interiorul apartamentelor modernizate.

Fiecare construcție modernă – fie că e vorba de construcții familiale sau culturale, comerciale, industriale sau altele, posedă instalații de distribuție a apei și de canalizare.

Tuburile și accesoriile din interiorul construcțiilor au diametre de 50 până la 300 mm.

În industrie – oricare ar fi natura și importanța – fiecare uzină are rețeaua de fluide în circuit complet: alimentare – distribuție – colectare – evacuare și adesea și recircularea.

Tuburile și racordurile au diametrul nominal  $DN$  de la 40 până la 1 800 mm.

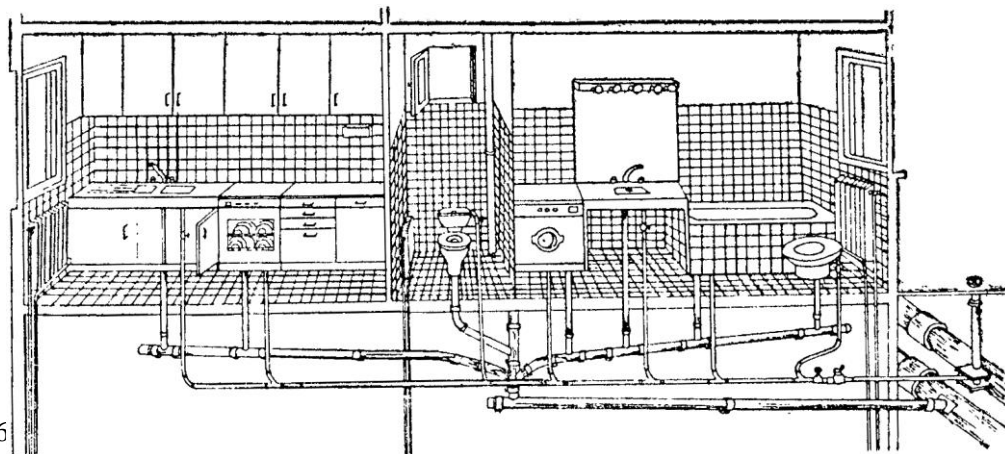


Fig. 5.34. Schema rețelei de distribuție și canalizare din interiorul unui apartament.

### 5.3. PROBLEME PRIVIND EPURAREA ȘI VALORIFICAREA APELOR REZIDUALE ÎN AGRICULTURĂ ȘI INSTALAȚII ADECVATE

Utilizarea apelor uzate în agricultură are o mare importanță pentru economia națională. Câmpurile de irigații (agricole) sunt un mijloc de intensificare a producției agricole și, în același timp, o măsură de protecție a apelor.

Sursele de poluare a apelor superficiale sunt apele reziduale (industriale), menajere de la canalizarea orașelor, de la crescătoriile și îngrășătoriile de animale, precum și cantitățile mari de îngrășămintă și de produse chimice toxice pe care le transportă apa, materialele în suspensie de la exploatările petroliere ș.a.

Pe câmpurile irigate cu ape uzate din jurul Moscovei s-au obținut producții record de 1.115 q/ha sfeclă furajeră; 800 q/ha morcov; 530 q/ha cartofi. Pășunile și fânețele valorificând excelent apele uzate, dând 6.000-10.000 unități furajere la ha, cu prețuri de cost foarte scăzute. Producția de lapte pe cap de vacă furajată a fost de 4.200-5.400 kg/an (B. Shtepa, 1975, Moscova).

Planurile din agricultura fostei U.R.S.S. prevedeau valorificarea prin irigații a apelor uzate colectate de la toate localitățile și centrele industriale, iar în țara noastră exista posibilitatea ca după 1990 să se poată ajunge la 1 milion ha irigate cu ape reziduale.

Complexul de măsuri de protecție și valorificare a apelor obținute în economia comunală și menajeră, în industrie, agricultură și alte ramuri ale economiei tuturor țărilor cu agricultură avansată, se extinde continuu și se perfecționează prin:

- creșterea eficienței lucrărilor de cercetare științifică în domeniul protecției apelor; repartizarea rațională (teritorial) a unităților și obiectivelor de economie apelor;
- punerea în aplicare a noilor procedee de epurare a apelor reziduale și continua lor perfecționare;
- reducerea continuă a consumurilor și cererilor de apă proaspătă în industrii, prin modificarea proceselor tehnologice și prin reciclarea și recircularea apelor reziduale; reducerea pierderilor de apă; perfecționarea lucrărilor de canalizare și epurare;
- creșterea gradului de valorificare a apelor reziduale pe câmpurile agricole irigate;
- creșterea măsurilor de protecție a calității apelor pentru toate sectoarele interesate în economia apelor, în conformitate cu cerințele sanitare moderne.

Apele reziduale sunt epurate în condiții naturale și artificiale.

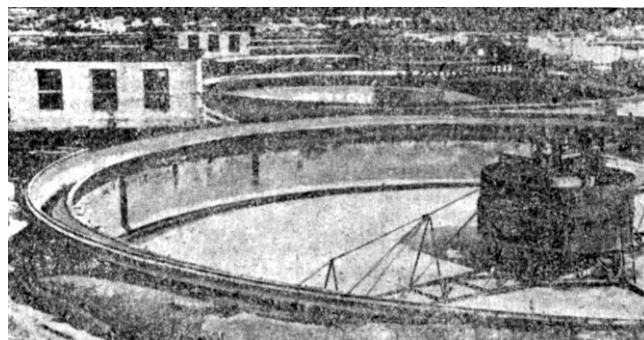
Epurarea în condiții naturale se bazează pe in-

fluența microorganismelor aflate în sol și în bazinele de apă. Eficacitatea acestei epurări este foarte ridicată: 99,8% din bacteriile patogene sunt reținute. Epurarea naturală a apelor reziduale este realizată pe câmpuri comunale și agricole irigate, pe câmpuri de filtrație și în bazine biologice.

Epurarea apelor reziduale în condiții artificiale se realizează prin metode mecanice, chimice, fizico-chimice, biochimice și combinate.

După natura efluentului și modul de descărcare sau reținere a apelor (în mediul natural sau cu valorificări în agricultură ș.a.), epurarea se poate realiza în trepte diferite: tratament primar, neutralizare, epurare secundară, epurare fizico-chimică și epurare terțiară.

Pentru a se vedea modul de încadrare a unei asemenea etape de epurare în contextul amenajării edilitar-industrială și agroindustrială, se dă ca exemplu în figura 5.35 decantorul primar al unui sistem de irigații cu ape reziduale.



**Fig. 5.35.** Rezervoare de epurare în sistemul de irigații cu ape reziduale Bortnitcheskaia – Ucraina

Pentru o uzină de celuloză se prezintă în figura 5.36 amenajarea pentru epurare biologică prin procedeul lagunelor de aerare, care prezintă marele avantaj de a admite variabilitate de calitate a efluenților.



**Fig. 5.36.** Epurarea biologică prin lagune de aerare, la uzina integrată de celuloză Saillat – Franța ( $Q = 4.000-6.500 \text{ m}^3/\text{h}$ )

Studiile și cercetările necesare în etapa epurării apelor (uzate) se referă la: analizarea prealabilă și controlul în stație pilot sau laborator al calității conținutului efluentului și alegerea procedeele de epurare. În figura 5.37 se prezintă o instalație de epurare a apei pentru tehnica irigații prin picurare.

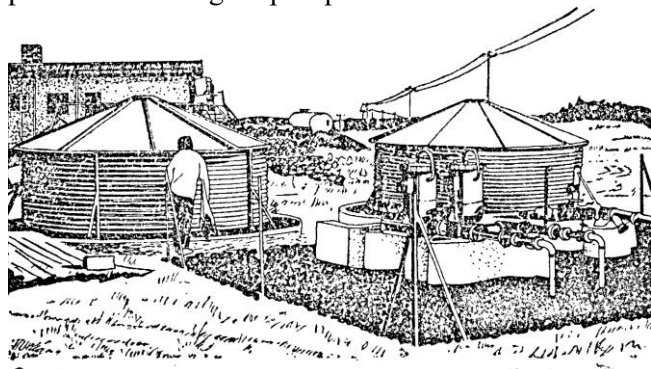


Fig. 5.37. Rezervoare de decantare și baterie de filtre pentru irigarea prin picurare (Libia).

### 5.3.1. POSIBILITĂȚI DE VALORIFICARE A APELOR UZATE ÎN AGRICULTURA IRIGATĂ

Apele reziduale rezultate din canalizarea orașelor, de la diferite mari industrii și de la crescătoriile și îngrășătoriile de animale pot fi folosite la irigații, după ce au fost epurate corespunzător pentru a nu dăuna omului, animalelor, culturilor, solului și pentru a nu polua mediul înconjurător.

În acest context, apele reziduale se administrează pe solurile cultivate pentru: epurarea lor biologică completă, fertilizarea (N.P.K) și udarea propriuzisă (irigarea) a culturilor agricole.

În vederea administrării lor la irigații, o problemă deosebit de importantă, care trebuie avută în vedere, este aceea că apele reziduale se produc pe tot timpul anului, aproape zi de zi cu același debit, iar aplicarea udărilor se face numai în perioada de vegetație. În această perioadă este necesară corelarea aplicării udărilor cu ploile naturale, care au o repartiție cu totul neuniformă în timp și spațiu.

Totodată trebuie avut în vedere și cunoscut cu multă exactitate gradul de epurare și de tratare a apelor reziduale, pentru a stabili cât mai corespunzător

metoda de udare și tipul de amenajare pentru irigații.

Metodele de epurare și tratare prealabilă sunt: metoda mecanică, mecano-chimică și biologică artificială care se aplică de la caz la caz, în funcție de natura apelor reziduale și de folosința în continuare la irigații pentru scopurile: epurare, umectare și fertilizare.

În figura 5.38 este redat un exemplu de schemă de epurare și folosire la irigații a apelor reziduale.

În afară de gulle (amestec de urină, bălegar și paie tocate) care, malaxat și diluat, se transportă cu cisternele în câmp și se aspersează, apelor reziduale li se separă partea grosieră (suspensiile totale care formează nămolul), care fermentează, se deshidratează și se folosește ca îngrășământ. Se tratează apa reziduală pentru distrugerea germinilor patogeni, evitând astfel transmiterea de boli la oameni și animale.

Datorită conținutului chimic foarte variat, apele reziduale se tratează corespunzător, pentru evitarea distrugerii culturilor, salinizării solului etc.

Îmbunătățirea calității acestor ape reziduale se recomandă a se realiza prin: diluarea cu apă conven-

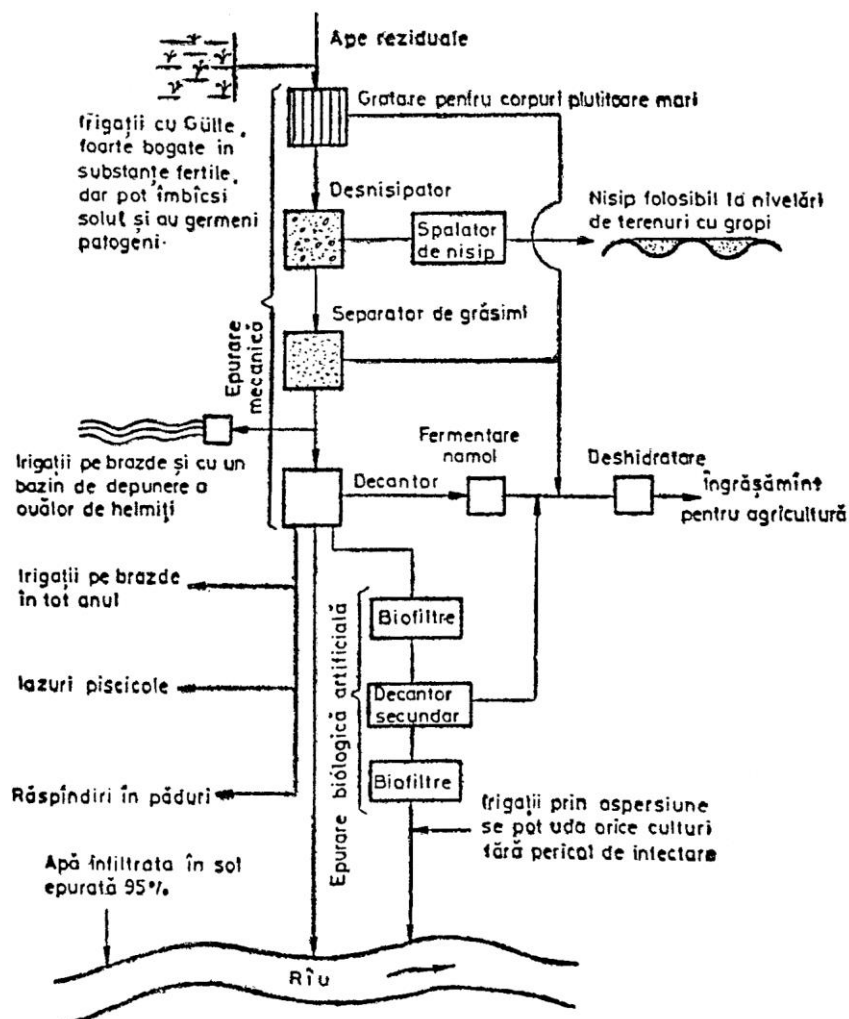


Fig. 5.38. Schema de epurare și folosire la irigații a apelor reziduale.



țională curată, micșorarea conținutului de sodiu, prin raționalizarea consumului de sare în rațiile alimentare, amendarea cu ghips sau fosfoghips pentru substituirea carbonatului de sodiu etc.

Sub aspectul cantităților de substanțe fertilizante conținute de apele reziduale orășenești, industriale și din complexele zootehnice, în tabelul 5.6 sunt redate acestea în limite de variație pe baza multor analize efectuate în timp diferit și în mai multe amplasamente.

În contextul celor arătate, amenajarea pentru irigații cu ape reziduale preluate după complexul de lucrări de epurare și tratare prezintă următoarele obiective:

- bazine de stocare a apei reziduale în timpul când nu se aplică irigația;
- stația de pompare și punerea sub presiune;
- rețeaua de conducte subterane cu guri de apă și hidranți;
- conducta de alimentare cu apă convențională curată (dacă există) pentru diluție (legătura la un sistem de irigație existent);
- echipamentul de udare.

Corelat cu cantitatea și calitatea apelor reziduale se stabilesc: suprafața amenajării, regimul de irigație al culturilor, metoda de udare, tipul de amenajare etc.

Se menționează faptul că apele reziduale sunt, în general, agresive față de conductele de oțel, care se pot folosi numai cauciucate la interior și protejate anticoroziv la exterior. De asemenea, sunt agresive și față de conductele premo și azbociment, la care durabilitatea

se limitează (tabelul 5.7). De aceea, se recomandă ca rețeaua de conducte să se execute din tuburi de PVC (v. fig. 5.30).

**Tabelul 5.7.** Durabilitatea conductelor în contact cu apele reziduale

Nr. crt.	Condiții		Durabilitate (ani)	
			Azbociment	Premo
1	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100-300 mh/l	30	15
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100 mg/l sau		
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	300-600 mg/l		
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100 mg/l		
2	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	300-600 mg/l	20	10
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100 mg/l sau		
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	600-1.000 mg/l		
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100 mg/l		
3	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	600-1.000 mg/l	10	5
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100 mg/l		
4	Cl <sup>-</sup>	10-200 mg/l	Aluminiu 15	
5	Cl <sup>-</sup>	200-800 mg/l	10	

Volumele de ape uzate produse în țara noastră se estimează a fi conform datelor din tabelul 5.8 și admitându-se că 40% din aceste ape uzate vor putea atinge gradul de epurare necesar și o stare igienico-sanitară corespunzătoare, suprafața irigabilă cu apele reziduale în 1990 urma să depășească 1 milion hectare.

Distribuția apei uzate decantate pe terenul agricol și valorificarea ca apă de irigație sunt posibile numai în cazul existenței terenurilor pretabile.

Pretabilitatea terenurilor se apreciază în funcție de mai multe criterii: panta terenului, textura solului, permeabilitatea solului, nivelul apei freatică intensitatea salinizării, intensitatea solonețizării.

Pe terenurile pretabile, adică terenurile care au corespuns celor șase criterii de pretabilitate, se impun limitări în privința sortimentului de culturi.

În tabelul 5.9 se prezintă sortimentul de plante pretabile pe terenurile irigate cu apă uzată provenită de la stațiile de epurare ale complexelor de porci.

**Tabelul 5.6.** Cantitățile de substanțe fertilizante în apele reziduale

Nr. crt.	Surse de apă reziduală	Elementele fertilizante (mg/l)			
		N	PO	K <sub>2</sub> O	CaO
1	Fecaloid-menajere din localități	37,3-128	4,1-42	13-68	36-291
2	Reziduale orășenești	10-11	1,6-3,1	3,6-6,8	–
3	Abatoare	115-428	18,7-155	28,7-142	110-302
4	Fabrici de clei (din piele)	481	356	228	611
5	Fabrici de clei (din oase)	2.697	10.900	2.421	54.254
6	Fabrici de zahăr	21-90	4,7-15	28-100	150-186,8
7	Distilării	340-480	203-235	2.046-2.296	–
8	Fabrici de bere	7,7-203	5-117	13-103	05-155
9	Fabrici de lapte	35-100	17,5-60	23-75	10-150
10	Fabrici de amidon (din cartofi)	140-558	57-332	213-1.114	76-96
11	Fabrici de amidon (din cereale)	319-1.465	175-950	500-918	–
12	Topitorii de cânepă	43-110	4-105	245-400	100-419
13	Complex de porci	200-4400*	30-120	100-1.300	–
14	Complex de porci	270-620**	25-95*	182-260	–
15	Animale mari	73-100**	19-30**	61-76**	–

\* Azot, fosfor și potasiu total.

\*\* Cantitatea de substanțe fertilizante obținute de la un animal mare, în kg.an.

\* „Irigații și drenaje”, V. Blidaru, Gh. Pricop, A. Wehry, Editura didactică și pedagogică, București, 1981.

**Tabelul 5.8.** Volumele de apă reziduale pe an

Nr. crt.	Anul	Volumele (în miliarde m <sup>3</sup> /an)	
		totale	industriale
1	1970	3,1	2,2
2	1975	4,7	3,6
3	1980	7,1	5,4
4	1985	8,0	5,9

**Tabelul 5.9.** Criteriul „cultura agricolă”

Folosința agricolă:	Grupa de culturi	Cultura	Pretabilitatea la irigație cu apă uzată	Toleranța la salinitatea solului
Arabil	Cereale boabe	Porumb	Da	Mijlocie
		Grâu	Da	Mijlocie
		Orez	Da	Mijlocie
	Indus-triale	Floarea soarelui	Da	Mijlocie
		Sfeclă pentru zahăr	Da	Mare
		Soia	Da	Mijlocie
		Cartof industrial	Da	Mică
	Furajere	Pentru masă verde	Nu	–
		Pentru fân	Da	–
		Rădăcinoase	Nu	–
		Pentru siloz	Da	–
	Alimen-tare	Legume	Nu	–
		Cartof pt. consum	Nu	Mică
		Fasole boabe	Nu	Mijlocie
Pajiști		Pășune	Nu	Mare
		Fâneță	Da	Mare
Viti-pomicolă		Viță de vie	Da	Mijlocie
		Pomi fructiferi	Da	Mijlocie
		Căpșuni	Nu	Mijlocie

În afară de criteriile de pretabilitate, la amplasarea fermei specializate este necesar să se mai aibă în vedere și alte condiții:

- distanța minimă stabilită pe baza studiului de amplasament față de așezările rurale, căile de comunicație importante sau alte obiective;

- amplasarea în aval, din punct de vedere hidrogeologic, de așezări rurale, captări de apă (din stratul freatic), potabilă sau industrială sau, dacă nu este posibil, în amonte de strate de ape freatice utilizabile în viitor și care trebuie protejate;

- microrelief uniform care să mi necesite la nivelare deplasări de pământ mai mari de 500 m<sup>3</sup>/ha.

În cazul inexistenței terenului pretabil se recurge la soluția clasică – stația de epurare – dotată cu toate treptele necesare, apa uzată epurată putând fi deversată în emisarul cel mai apropiat, fără pericol de poluare.

Nămolul rezultat din procesul de epurare se prelucrează în stații de compostare de tip industrial. Compostul obținut se livrează agriculturii ca îngrășământ

organic concentrat, cu capacitate de fertilizare ridicată, liber de agenți patogeni și de miros, vagonabil la orice distanță, substituent al îngrășămintelor chimice. Dacă nu sunt posibilități de realizare a stației de epurare, se impune schimbarea amplasamentului complexului.

Distribuirea pe terenul agricol a apelor uzate decantate se realizează prin intermediul unui sistem de irigație, propriu sau adaptat.

**Soluția 1.** În cazul inexistenței unei surse de apă convențional curată, se amenajează un sistem de irigație propriu, având ca unică sursă de apă pentru irigație apa uzată decantată mecanic, în stația de epurare a complexului.

Caracteristicile tehnologice ale acestei soluții sunt următoarele:

- distribuirea apei uzate în stare nediluată, o dată la doi ani pe aceeași suprafață, în scopul evitării pericolului sărăturării solului;

- metoda de udare este prin brazde scurte (50-100 m), înfundate, înlăturând contactul apei uzate cu partea vegetativă, aeriană a plantelor, ca în cazul aspersiunii;

- echipamentul de udare indicat constă în instalații cu conducte de aluminiu cu orificii reglabile, tip EUBA 150 T, dotate cu cărucioare pentru tractarea mecanizată;

- după terminarea udării pe o poziție instalația rămâne pe loc încă 3-4 zile, până la zvântarea terenului, pentru motive de protecție sanitară a lucrătorilor;

- valorificarea integrală a substanțelor nutritive conținute în apa uzată (azot, fosfor, potasiu);

- asigurarea parțială a necesarului de apă al culturilor;

- folosirea asolamentelor cu sole irigate și neirigate;

- rotația scurtă, în scopul asigurării unei sole de dimensiuni cât mai mari. Exemplu de rotație: 1. soia + floarea-soarelui; 2. orz (fără cultură dublă); 3, 4 porumb;

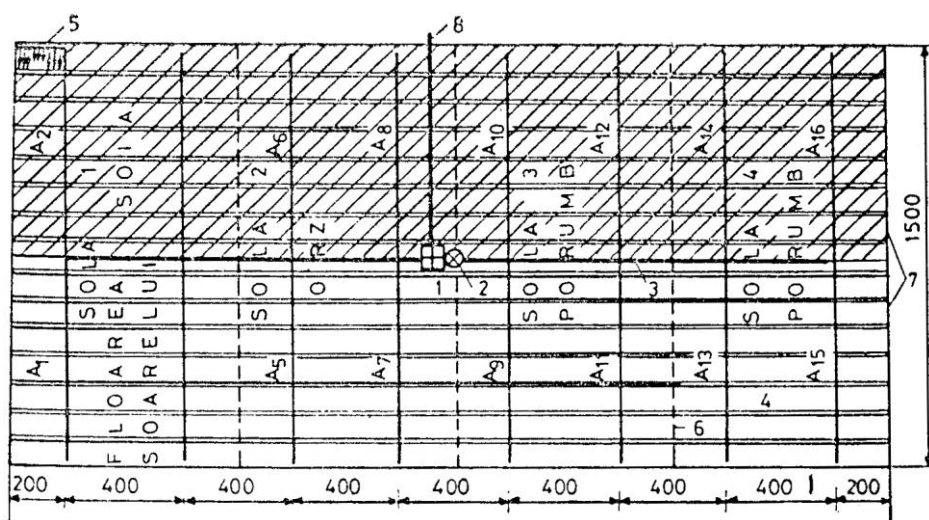
- nămolul se distribuie pe aceeași suprafață o dată la doi ani, încorporându-se în sol împreună cu resturile vegetale tocate ale culturii premergătoare (orz sau porumb); se realizează în felul acesta compostarea nămolului direct în sol, cu efect de fertilizare mult mai ridicat în cazul încorporării nămolului, fără adaos de material energetic.

În tabelul 5.10 se prezintă, pentru exemplul din figura 5.39, rotația culturilor, a fertilizării cu nămol și a irigației cu apă uzată pe terenurile fără sursă de apă convențional curată.

În figura 5.39 se prezintă schema de amendare a terenului pentru distribuirea apelor uzate decantate în soluția 1, folosită la noi în țară.

**Tabelul 5.10.** Rotația culturilor, fertilizarea cu nămol și irigația cu apă uzată pe terenurile fără sursă de apă convențional curată (soluția 1)

An	Cultura	Data semănatul ui	Data recoltatului	Nămol		Regimul de irigare							
				t/ha	Perioada	Pe 1/2 solă				Pe 1/2 solă			
						Număr de udări	Luna	Norma de udare, m <sup>3</sup> /ha	Norma de irigație (m <sup>3</sup> /ha)	Număr de udări	Luna	Norma de udare, m <sup>3</sup> /ha	Norma de irigație (m <sup>3</sup> /ha)
1	Soia Floarea- soarelui	Aprilie Aprilie	Septembrie Septembrie	-	:	1 1 1 Neirigat	Octombrie Mai Iulie	500 500 500	1.500	Neirigat  Neirigat			
2	Orz	Octombrie	Iunie	30	August- Octombrie	Neirigat				1	Septembrie	500	500
3	Porumb	Aprilie	Septembrie			1 1 1 1		500 500 500 500	2.000	Neirigat			
4	Porumb	Aprilie	Septembrie	30	Octombrie	Neirigat				1 1 1	Martie Iunie Iulie August	500 500 500 500	2.000
Total pe rotație Anual, în medie				60 15		7 1,7			3.500 875	5 1,2			2.500 625



**Fig. 5.39.** Schema de amenajare a terenului pentru distribuția apelor uzate decantate nediluate. Modul de 44.226 capete porci + 7.880 grășuni pe an Soluția I: zona cu temperaturi medii anuale 10°C: 1 – bazin de stocare; 2 – stație de pompare pentru ape uzate; 3 – conductă de transport apă uzată; A<sub>14</sub> – antene; 4 – culoar pentru tractare a echipamentului EUBA 150-T; 5 – brazde; 6 – limita solei; 7 – limita amenajării pe care se distribuie apă uzată; 8 – conductă de aducțiune pentru apă uzată.

**Soluția 2.** În cazul amplasării fermei în cuprinsul unui sistem de irigație existent, alimentarea plotului sau a ploturilor este mixtă – apă convențional curată și apă decantată.

În această soluție se realizează atât valorificarea elementelor nutritive din apă uzată, cât și asigurarea

necesarului de apă al culturilor agricole.

Distribuția pe teren a apei uzate poate fi realizată în perioada de irigare numai în diluție de minimum 1:5, cu apă convențional curată, și fără diluție în afara campaniei de irigație (martie-aprilie și octombrie-noiembrie), fie pe toată suprafața irigată (V<sub>1</sub>), fie pe un câmp special amenajat pentru udare pe brazde sau prin aspersiune.

Comparând cele două moduri de distribuție, rezultă că cea de-a doua, deși are avantajul că nu necesită lucrări suplimentare în rețeaua de conducte, prezintă mari dezavantaje, ca:

- extinderea perioadei de funcționare a sistemului de irigație în lunile martie-aprilie și octombrie-noiembrie (cheltuieli de

exploatare suplimentare și riscul avariilor datorită frecvenței mai mari a temperaturilor negative);

- încărcarea terenului în lunile de primăvară și de toamnă cu volume suplimentare de apă, datorită diluției, cu efecte defavorabile asupra solului.

Caracteristicile tehnologice ale acestei soluții (soluția a doua) sunt următoarele:

- distribuirea apei uzate decantate se face în fiecare an pe întreaga suprafață;
- apa uzată decantată se distribuie în stare nediluată înainte și după campania de irigare (martie-aprilie și octombrie-noiembrie) și în stare diluată în perioada de vegetație a plantelor;
- asigurarea parțială a necesarului de elemente nutritive pentru plante, fiind nevoie de adaos de îngrășăminte chimice NP, însă în doze reduse;
- asigurarea integrală a necesarului de apă pentru culturi, în conformitate cu regimul de irigare stabilit etc.

Delimitarea în cuprinsul plotului de irigație a unui „câmp de distribuție” în cazul  $V_2$  a apei uzate nediluate, situat în porțiunile terminale ale antenelor (fig. 5.40) necesită executarea unei conducte (de preferință din PVC) de transport de la bazinul de stocare la capul lotului, o conductă de alimentare a antenelor solicitate și vane de închidere pe antene.

Metoda de udare utilizată este cea stabilită pentru sistemul de irigație, fie aspersiune, fie brazde, am-

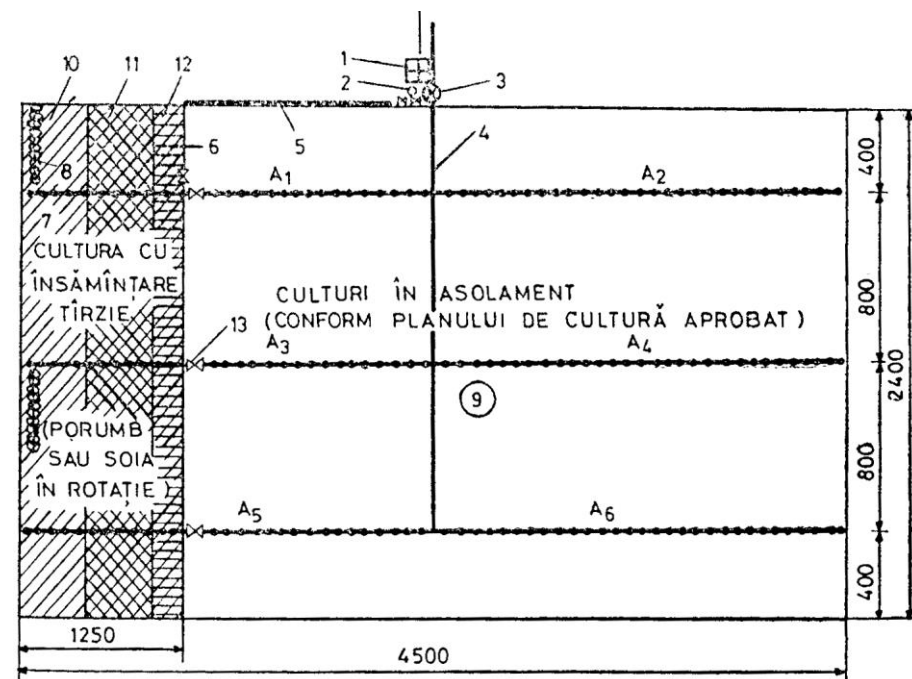
bele variante fiind adoptate la noi în țară.

În cazul udării prin aspersiune se utilizează instalațiile existente în sistemul de irigație, care, fiind dotate obligatoriu cu cărucioare pentru mutarea IATL, mecanizată, nu sunt necesare instalații suplimentare.

În cazul udării prin brazde se procedează întotdeauna ca la soluția I, fără să mai fie nevoie de instalații suplimentare, folosind EUBA-150 T.

Cultivarea lotului se recomandă să se facă cu plante de însămânțare târzie și recoltare relativ timpurie; de preferat ca în fiecare an să se cultive o singură cultură în scopul realizării unei sole cât mai mari în rotația 1, 2 porumb; 3 soia și care în cursul vegetației să se irige cu apă uzată diluată, în conformitate cu nevoile sale de apă. Nămolul se distribuie o dată la trei ani, toamna, după recoltarea soiei.

În tabelul 5.11 se prezintă, pentru exemplul din figura 5.40, rotația culturilor a fertilizării cu nămol și a irigării cu apă uzată nediluată și diluată pe lotul delimitat în cuprinsul plotului de irigație, iar pe restul plotului de irigație, care primește numai apă uzată diluată, se aplică tehnologia culturilor irigate, dar cu reducerea dozelor de îngrășăminte chimice.



**Fig. 5.40.** Schema de amenajare a terenului pentru distribuirea apelor uzate decantate diluate de irigație și nediluate pe câmpul de distribuție. Soluția a II-a: 1 – bazin de stocare; 2 – stație de pompare pentru ape uzate; 3 – stație pompare și punere sub presiune; 4 – conductă de aducțiune pentru apă convențional curată; 5 – conductă de aducțiune pentru apă uzată; 6 – conductă de alimentare a antenelor cu apă uzată decantată nediluată; 7 – antene cu funcție mixtă (cu apă uzată nediluată și diluată); 8 – instalații de udare prin aspersiune;  $A_3$  – antene cu apă uzată diluată; 9 – suprafața pe care se distribuie apă uzată diluată; 10 – suprafața pe care se distribuie apa uzată nediluată, în martie-aprilie; 11 – idem în octombrie; 12 – idem, în noiembrie; 13 – robinet.

*Dimensionarea suprafeței fermei specializate.* Mărimea suprafeței fermei vegetale specializate se dimensionează în funcție de: cantitatea totală de dejecții produsă anual, respectiv, efectivele de porci rulate anual; încărcătura de dejecții admisibilă la unitatea de suprafață de teren agricol.

Producția anuală de dejecții, exprimată în apă uzată decantată și în nămol cu 70% umiditate, adică în produse capabile să fie distribuite pe terenul agricol, se prezintă în tabelul 5.12 pe mărimi de complexe (efective anuale de porci).

Încărcătura de dejecții admisibilă la unitatea de suprafață de teren este cea de la 160 porci/ha, cu următoarele justificări:

- dejecțiile de porc sunt produse foarte concentrate, care nu sunt distribuite ca atare pe terenul agricol, ci sub formă de apă uzată decantată și sub formă de nămol;

- experimentările efectuate în țară cu diferite doze de apă uzată și nămol au atestat posibilitatea măririi încărcăturii și, prin urmare, reducerea suprafeței de teren.

**Tabelul 5.11.** Rotația culturilor, fertilizarea cu nămol și irigația cu apă uzată nediluată și diluată pe lotul (câmpul de distribuție) delimitat în cuprinsul unui plot de irigație (soluția II, varianta 2)

Anul	Cultura	Data semă- natului	Data recolta- tului	Nămol		Regimul de irigare					
				t/ha	Perioada	Categoria de apă uzată folosită	Luna	Nr. de udări	Norma de udare (m³/ha)	Total pe categoria de apă uzată	Norma de irigație (m³/ha)
1	Porumb	Aprilie	Septemb rie	–	–	Nediluată Diluată	Martie, aprilie, octombrie, noiembrie Iulie, august	1 4	500 700	500 2.800	3.300
2	Porumb	Aprilie	Septemb rie	–	–	Nediluată Diluată	Martie, aprilie, octombrie, noiembrie Iulie, august	1 4	500 700	500 2.800	3.300
3	Soia	Aprilie	Septemb rie	30	Octombr ie Decembr ie	Nediluată Diluată	Martie, aprilie, octombrie, noiembrie Iunie, august	1 4	500 700	500 2.800	3.300
Total pe rotație				30	–	Nediluată Diluată		12		1.500 8.400	9.900
Anual, medie						Nediluată Diluată		1 4		500 2.800	3.300

**Tabelul 5.12.** Producția anuală de apă uzată decantată și de nămol cu 70% umiditate

Efective anuale (de porci)	Apă uzată decantată (mii m <sup>3</sup> )		Nămol cu 70% umiditate (mii tone)
	Real	Rotunjit	
150.000	1.150	1.200	11,70
60.000	460	480	4,65
45.000	239	240	2,90
30.000	230	240	2,35
15.000	115	120	1,20

$$s = \frac{5 \text{ vol. lunare}}{m}$$

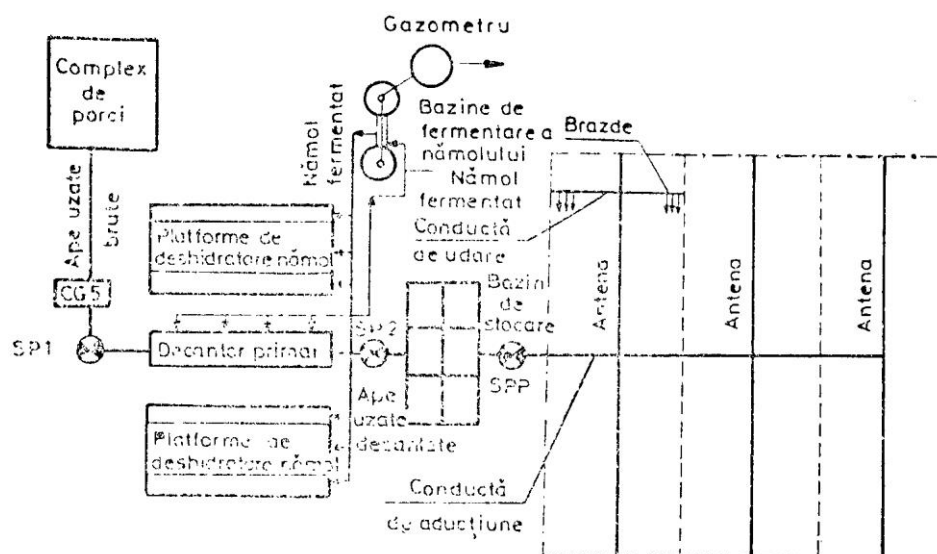
în care

$s$  este suprafața câmpului de distribuție, ha;  
 vol. lunar – volumul de apă uzată decantată, m<sup>3</sup>;  
 $m$  – norma de udare, m<sup>3</sup>/ha.

Pentru a se cunoaște ansamblul amenajării, de la locul unde se produc apele reziduale, până la locul de distribuție în câmp, în figura 5.41 se prezintă schema tehnologică generală privind valorificarea apelor reziduale de la complexele de porci. În prima parte sunt

Pe terenurile situate în perimetrele sistemelor de irigație, prevăzute cu conducte îngropate și stații de punere sub presiune, dimensionarea fermei trebuie să aibă în vedere un criteriu în plus: mărimea ploturilor SPP, ferma cuprinzând în întregime unul, două sau cel mult trei ploturi.

La dimensionarea câmpului de distribuție cu apă nediluată din perimetrul unui plot de irigație se are în vedere, în scopul evitării supradimensionării bazinelor de stocare, numărul volumelor lunare de apă uzată distribuită în lunile martie (sau aprilie), octombrie și noiembrie, potrivit relației:



**Fig. 5.41.** Schema tehnologică privind valorificarea apelor uzate la complexele de suine: CGS – cămin cu grătare și site; SP<sub>1</sub> – stație de pompare ape uzate și brute; SP<sub>2</sub> – stație de pompare ape decantate; SPP – stație de pompare și punere sub presiune.

instalațiile de epurare primară a apelor uzate, iar în a doua parte lucrările de distribuire a apelor uzate în câmp.

Așa după cum rezultă din schema tehnologică, de mare importanță este stabilirea precisă a răspunderilor administrative cu privire la folosirea apei, evitându-se în felul acesta riscurile fragmentării răspunderii între organe separate de administrare a complexului și de administrare a instalațiilor de epurare și a irigațiilor.

### 5.3.2. DESCĂRCAREA – EVACUAREA EFLUENTULUI ÎN MEDIU NATURAL

Alegerea, amplasarea, dimensionarea și regimul de exploatare al acestor instalații se realizează avându-se în vedere următoarele condiții pentru efluent:

- să asigure difuziunea capacității autorizate;
- mediul în care se descarcă să aibă capacitatea de a asimila energetic efluentul, mai mult sau mai puțin epurat.

1. *La descărcarea în mare* a reziduurilor lichide și solide, fixarea soluțiilor de instalații are în vedere pe lângă sursa și natura poluantului și caracteristicile mediului – mării.

Principalele industrii instalate pe malul mării sunt foarte mari consumatoare de apă de răcire: centrale termice (cu combustie fosilă sau nucleară), complexe siderurgice, petrochimice, chimice, care adaugă factorul de poluare termică poluării organice și minerale ale complexelor agroindustriale și orășenești (exemplu Tuzla, Ovidiu – Constanța).

Cei doi factori cumulați provoacă importante prejudicii sistemului ecologic, în cazul unor amenajări necorespunzătoare, în contextul general al amenajărilor hidrotehnice.

Studiile ce se întreprind pe modele matematice, pe modele fizice reduse (v. Cap. 8) urmăresc: cunoașterea legilor și condițiilor de difuzie a jeturilor (când este vorba de amestec lichid sau apă de răcire) și pânzei de poluant (fum), de difuzie prin turbulență la suprafața mării datorită acțiunii vânturilor și turbulenței interne, răspândirea – întinderea pe fund, când este vorba de amestec.

Problemele de difuzie se studiază îndeosebi pe modele matematice, avându-se în vedere marile întinderi ale fenomenelor nehidraulice ce pot interveni (exemplu schimbul termic cu atmosfera).

În schimb, problemele legate de reziduurile solide de pe fund (marc, râu) pot fi foarte bine redată și studiate pe modele reduse.

Reprezentative sunt cercetările asupra: convecției și difuziei; difuzorului, jetului, dispersiei; scurgerii

în mare; situația jetului (adâncime, distanță de mal); recircularea apei de răcire sau de reîncălzire; extinderea și regrouparea reziduurilor solide prin hulă și curenți ș.a.

Pentru evacuarea reziduurilor lichide în mare, la Baie de Cortion (Gurile Rhôn) s-au făcut studii prin măsurarea difuziei turbulente (în mare), prin injecția de rhodamin.

Lucrările de descărcare a poluantului în mare este indicat să fie stabilite numai pe baza studiilor de laborator, pe modele, în scopul evitării surprizelor ulterioare neplăcute (exemplu fig. 5.42).



Fig. 5.42. Modelul evacuării în mare a cenușii de la Centrala termică Blyth – Anglia (debit maxim zilnic: 2.000 t).

2. *La descărcarea în râuri și canale*, fixarea soluțiilor de instalații ia în considerare:

- cerințele de a se obține diluarea efluentului, până la parametri înscrși în legislația în vigoare, la diferitele niveluri și debite ale râului (etiaj-viitură);
- caracteristicile specifice ale fiecărui curs de apă (transporturi de fund eroziuni, colmatări, viituri, meandre etc.);
- folosințele de apă amplasate în aval și eventual navigația.

Lucrările de descărcare trebuie să fie rezistente la viituri, să evite colmatarea, ca și eroziunile de fund.

La fixarea soluției instalațiilor se ia în considerare și faptul că evacuarea efluentului epurat sau a nămolurilor – mai mult sau mai puțin concentrate – se face prin transportarea acestora prin conducte, din care se descarcă, dispersându-se (fig. 5.43).

Prin studiul pe modele se urmărește efectul efluentului asupra mediului natural (maluri și fund) și influența eventualelor depozite asupra serialului navigabil, dacă este cazul. Aceste studii trebuie să se încadreze în contextul general al amenajării hidrotehnice prevăzute și pentru celelalte folosințe, cu efectele (evoluțiile) progresive ce le însoțesc, inclusiv acțiunea curgerilor pe râuri sau a mareelor, unde este cazul.

Ca exemple de descărcare, ordine de mărime și mod de exprimare se pot da:



**Fig. 5.43.** Descărcarea efluentului de la uzina integrată de celuloza Saillat – Franța (4.000-6.500 m<sup>3</sup>/h)

- descărcarea efluentului de la uzina de celuloză Horvat – Franța 1.500 m<sup>3</sup>/h;
- Blith – Anglia 2.000 t/zi;
- descărcarea efluentului de la uzina Saillat – Franța 4.000-6.500 m<sup>3</sup>/ha;
- descărcarea de la Fos (gaz) Franța 10 m<sup>3</sup>/s.

În finalul celor prezentate cu privire la studiile prealabile, necesare pentru proiectarea (și exploatare) instalațiilor de descărcare a efluentului, se subliniază următoarele:

- apa, excelentul agent de vehiculare și evacuare a reziduurilor industriale și urbane (cu substanțe lichide, solide sau cu căldură), poate fi folosită totodată și la reducerea gradului de poluare, prin utilizarea a o serie de fenomene hidraulice;

- problemele esențiale care se ridică cu privire la efluentul de descărcat, se referă: fie la difuziune, când este vorba de amestec lichid sau apă de răcire, fie la răspândirea pe fund, când este vorba de mixturi (amestecuri de soluții alcoolice, droguri farmaceutice, chimice sau orice alt gen de amestecuri);

- tehnica de studiu se diferențiază, fiind de domeniul:

- *modelul matematic*, când este vorba de probleme de difuziune, care au mare întindere și care includ, în cea mai mare măsură, fenomene nehidraulice (ex. schimbări termice cu atmosfera);

- *modelului redus*, când este vorba de probleme ce se referă la răspândirea reziduurilor solide, pe fundul râurilor sau în mare.

## 5.4. SOLUȚII DE SCHEME HIDROTEHNICE PENTRU IRIGAȚII ȘI ALIMENTARI CU APĂ ÎN AGRICULTURĂ, CU STABILIREA VOLUMELOR DE APĂ NECESARE SECTOARELOR INTERESATE ȘI AMENAJĂRILE AFERENTE. EXEMPLU REALIZAT – CANAL PROVENÇE

Schemele hidrotehnice ale amenajărilor teritoriale hidro-agricole includ toate folosințele de apă (cu volume, debite, captări, stocări, distribuții, recirculări, colectări, evacuări) din teritorii, respectiv, într-un armonios echilibru ecologic.

Sistemele de irigații devin și surse de apă pentru sectoarele edilitar-gospodărești (și industriale), dar și valorificatoare ale apelor reziduale (industriale) și fecalo-menajere. În ambele situații, apele (de alimentare și evacuare) reclamă îmbunătățiri și epurări, în diverse grade, specifice folosințelor (alimentare cu apă, recirculare industrială, irigații fertilizante ș.a.).

Prin complexitatea cerințelor industriale și gospodărești față de sursa de apă, în frecvente cazuri, prizele (de apă) din rețelele de irigații sunt complementate și cu prize din alte surse (subterane, râuri, lacuri, mare), după cum și evacuările în colectoarele sistemelor de irigații se pot extinde până la râu și mare (v. cap. 5.3).

Pentru facilitarea cooperării între specialiștii diverselor sectoare (agricole, edilitar-gospodărești, industriale și social-economice) interesate la aceleași resurse (și surse) de apă din teritoriul dominat de Schema hidrotehnică și pentru a se stabili ordinea studiilor, se prezintă, ca exemplu de rezolvare complexă a cerințelor de apă, „Sistemul Canal Provençe”.

### 1° Soluția și volumele de apă necesare irigațiilor și alimentărilor cu apă în zona Canal Provençe (Exemplu realizat)

Pentru amenajarea hidro-agricolă a perimetrului Provençe – Alpii inferiori – Coasta de Azur s-a fondat (iulie 1957) Societatea Canal Provençe (SCP), care a primit concesiunea de amenajare complexă: irigații, alimentări cu apă pentru folosințe domestice, agricole și industriale, amenajări hidroenergetice, amenajarea rurală și complexă a teritoriului și a resurselor de apă (axate pe b.h. Durance).

Sub denumirea de Canal Provençe și amenajarea hidro-agricolă a bazinului hidrografic Durance se înțelege amenajarea hidrotehnică complexă, multi-



funcțională, care a fost realizată în perioada 1964-1981 pentru a permite: asigurarea cu apă pentru irigații a încă 35.000 ha; asigurarea cu apă a zonelor industriale situate în perimetru; livrarea apei (brute) aglomerațiilor Aix-en-Provence, Marsilia, Toulon și Hyères; crearea condițiilor pentru alimentarea cu apă a 116 localități în zona Gurile Rhôn și departamentul Var pentru o populație de 3.000.000 locuitori; regularizarea b.h. Durance, cu cascada de hidrocentrale aferente.

Ca acțiuni de amenajare care au condus la dezvoltarea multiplă a regiunii Provençe se mai pot enumera:

- în zona Gurile Rhôn (Les Bouches-du-Rhône) și în zona lacului Berre (l'Etang de Berre): asigurarea cerințelor de apă industrială și agricolă;
- în departamentul Var: îndiguirea râurilor Gapeau și Reyran, dându-se în cultură 1.500 ha;
- în departamentele alpine: irigarea a 6.000 ha, cu apă îndeosebi din lacurile colinare, în regiunile Gap, Manosque, Forcalquier etc.;
- acțiunile de dezvoltare a agriculturii și consultații pentru agricultori;
- protecția mediului natural și a calității apelor, protecția pădurilor, protecția contra viiturilor și amenajarea râurilor.

Până la sfârșitul anului 1981 au fost realizate, în perimetrul Canalului Provençe ( $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$  și  $V = 700$  milioane  $\text{m}^3/\text{an}$ ): 170 km de mari lucrări de aducțiune și distribuție (din care jumătate în galerii cu mari diametre, de 2,6-5,0 m), din cei 253 km, prevăzuți în faza definitivă și 2.000 km conducte, din cei 3.000 km prevăzuți în final.

Teritoriul la care se face referire și în care se înscrie amenajarea Provençe și canalul Provençe este situat în sud-estul Franței, între fluviul Ron – litoralul Mării Mediterane – râul Durance și limita inferioară a Alpilor. Cu toate avantajele – ca debit – prezentate de fluviul Ron, situat la extremitatea sud-vestică a zonei, atenția n-a fost îndreptată asupra acestuia, ci asupra bazinului hidrografic Durance, încă din anul 1171. Atunci s-au construit primele canale (ex. C. Saint-Julien-des-Eveque) din zona Gurile Ronului – Durance-ul inferior, alimentate cu apă derivată din râul Durance, pentru irigații și mori de apă.

## 1° Soluție și traseu

Canalul Provençe (CP) (fig. 5.44) – cu priză și aducțiune gravitațională – pornește din canalul mixt „E.D.P.–S.C.P.”, ce se alimentează din acumularea Gréoux-les-Bains, de pe râul Verdon.

Traseul canalului este condiționat de cerințele de deservire, ca și de relief.

Până la Rians derivațiile sunt mici (spre Centrul de cercetări atomice Cadarache); la Rians derivă Ramificația Bimont, care alimentează zona Aix-en-Provence (spre V – S-V). Canalul Provençe se orientează spre sud, unde se bifurcă (la Pourcieux) în ramificația Marsilia de est, pentru aprovizionarea cu apă (brută) a aglomerațiilor umane, industriilor și litoralului marseiliez și ramificația Var, care la rândul său se divide (la Signes) în: ramificația Toulon-Vest și ramificația Toulon-Est, care alimentează Toulonul și Hyères, cu perimetrele aferente. Din ramificația Toulon-Est pornește o nouă derivație (râul Var 4) spre Centrul departamentului Var.

## 2° Cerințe de apă

Înainte stabilirii obiectivelor de execuție s-a elaborat studiul cerințelor de apă (agricole, industriale, pentru consumul urban și rural) pentru întreg teritoriul, ca și al resurselor existente și posibile de valorificat în teritoriul dominat de Sistemul Canal Provençe.

Cerințele (de apă) agricole interesând 18.300 de exploatare agricole, circa 60.000 ha irigabile, s-au stabilit printr-un studiu riguros (tabelul 5.13) cuprinzând: caracteristicile pedo-climatice ale fiecărei unități, cul-

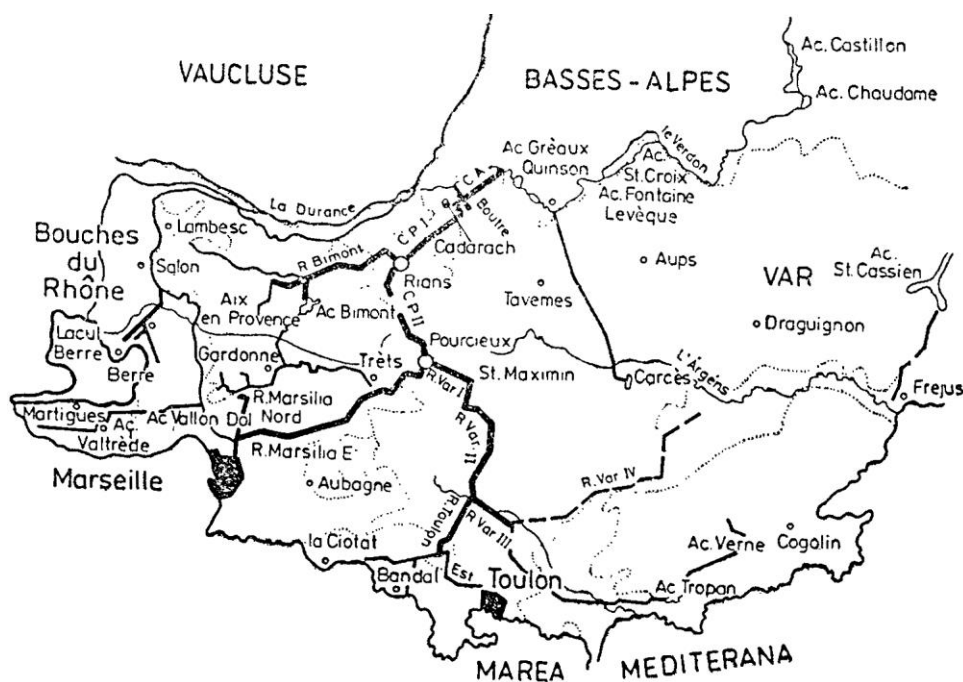


Fig. 5.44. Schema amenajării hidrotehnice Canal Provençe.

turile cele mai rentabile (în regim irigat) și variate (ci-reși, piersici, smochini, ceapă, flori, trufandale, furaje, usturoi, pepeni, roșii de conserve în zonele interioare etc.).

**Tabelul 5.13.** Cerințele în apă pentru agricultură

Zone interesate	Suprafețe irigate (ha)	Faze	Consumuri teoretice totale (m <sup>3</sup> /an)
Departamentul Var Rians	700	1	2.690.800
Pourrières	700	1	2.690.800
Saint-Maximin	2.800	1	10.192.000
Brignoles	1.000	1	3.610.000
Le Beausset-Ollioules	2.500	1	15.675.000
Hyères-Solliés	7.500	1	17.025.000
Brignoles	1.800	2	6.552.000
Est-Var	9.000	2	32.760.000
Total	15.200	1	81.913.600
	26.000	1+2	121.225.600
Vest-Aix (Nord Arc)	1.800		6.919.200
Vest-Aix (Sud Arc)	900		3.459.600
Extinderi Verson	5.200		20.040.000
Trévorse	5.000		14.220.000
Berre-Nord	1.500		5.766.000
Berre-Sud	2.500		9.610.000
Vest Aix (Nord Arc)	1.800	2	6.919.200
Vest Aix (Sud Arc)	900	2	3.439.600
Valea superioară a Arc-ului	600	2	2.306.400
La Ciotat	400	2	2.508.000
Trets	600	2	2.306.400
Aubagne-St-Zacharie	1.500	2	9.405.000
Trévorse	5.000	2	19.220.000
Total	16.900	1	65.014.800
	27.700	1+2	111.139.400
Total general	32.100	1	146.928.400
	53.700	1+2	232.365.000

Cerințele de apă pentru consumul urban-rural și industrial au avut în vedere dezvoltarea celor două sectoare la sfârșitul secolului XX.

Cerințele de apă pentru sectorul edilitar și igien-sanitar cuprinse în tabelul 5.14 se referă la ritmul de creștere al populației în cele 116 centre rurale și în cele 4 mari centre urbane (Marsillia, Aix-en-Provençe, Toulon și Hyères): de la 1,4 milioane locuitori (1962), la 3 milioane locuitori (în 1996), cu un consum anual minim de 180 m<sup>3</sup> pe locuitor.

Cerințele industriale prevăd o creștere simțitoare în centrele Toulon, Cadarache, Berre, Gardanne (Marsilia), la Ciotat și la Seyne (tabelul 5.15).

### 3° Surse de apă

Execuția Sistemului Canal Provençe este condiționată de satisfacerea cu apă a serviciilor stabilite prin legi și decrete anterioare (10,5 m<sup>3</sup>/s pentru R. Var și 8m<sup>3</sup>/s pentru R. Duraņçe), precum și a obiectivelor agricole, domestice și industriale (expuse în tabelele 5.13; 5.14; 5.15) care vor atinge spre sfârșitul secolului XX un volum anual de 700 mil. m<sup>3</sup> (1/3 în agricultură, 1/3 în industrie și 1/3 cerințe domestice rurale, urbane și turistice). Aceste cerințe de apă vor fi satisfăcute din surse situate la partea superioară a teritoriului ce îl străbat: R. Duraņçe și afluentul său R. Verdon, fără a angaja direct apele fluviului Rhôn, situat la limita inferioară a Provençe-ului.

Apele R. Duraņçe, regularizate prin acumulări, vor satisface cerințele din partea inferioară a bazinului său hidrografic (Gurile Rhôn), rămânând ca R. Verdon, cu acumulările realizate, să asigure alimentarea Sistemului Canal Provençe (21 m<sup>3</sup>/s debit mediu anual și 31-40 m<sup>3</sup>/s debitul mediu al celei mai încărcate luni: iulie).

Volumul scurgerii anuale destinat regularizării R. Verdon este de 250 mil. m<sup>3</sup>, preluat prin acumulările Castillon (85 mil. m<sup>3</sup>), Sainte-Croix, Fontaine-l'Eveque (cu o capacitate de 300 mil. m<sup>3</sup>, în etapa I).

În afara acumulărilor principale de pe R. Verdon (enumerate mai sus), devenite sursa de apă a Sistemului Canal Provençe, mai sunt executate alte mici acumulări, cu poziții și roluri diverse: Gréoux, Bimont, Chante-Perdrix, Laye.

De exemplu, retenția Gréoux-les-Bais (tot pe R. Verdon), cu un volum de 3 mil. m<sup>3</sup> și cota nivelului superior al apei la 360 m, asigură condițiile de alimentare a „Canalului mixt E.D.E.–S.CP.” din care derivă Canalul Provençe (v. fig. 5.44).

Acumularea Bimont, situată, spre deosebire de cele anterioare, în zona centrală a Provençe-ului, are rolul de a reține 40 mil. m<sup>3</sup> apă provenită din scurgerile locale (versanți) și din apele de iarnă ale ramificației Bimont (Canal Provençe), în scopul alimentării parțiale a teritoriului Aix și pentru irigarea unei suprafețe de 5.000 ha (600 parcele irigate prin aspersiune cu conducte sub presiune, folosind 2.000 prize de distribuție și 200.000 m conducte mobile – aripi de aspersiune, deci 40 ml/ha).

Rezultă de aici că eforturile specialiștilor francezi s-au concentrat asupra râurilor interioare, care prin regularizare au asigurat:

- stabilirea unui regim de scurgere în conformitate cu cerințele agro-economice, hidro-energetice, edilitare, industriale și turistice;
- prevenirea inundațiilor și înmlăștinirilor, frecvente astfel în lunci și îndeosebi în bazinul inferior al Duraņçe-ului;

– evitarea ridicării prin pompare a apelor fluviului Rhôn, care scaldă teritoriul Provençe la partea sa inferioară.

Această soluție a asigurat folosirea complexă a apelor interne și alimentarea cu apă a tuturor folosințelor aferente Sistemului de irigații Provençe.

Pentru rezolvări ulterioare, în fixarea soluțiilor schemelor hidrotehnice, complexe, exemplificarea Provençe conduce spre câteva idei directoare:

– structura și configurația schemei hidrotehnice a sistemului complex de irigații implică asigurarea cu apă a tuturor folosințelor, în tot cursul anului, precum și colectarea, evacuarea, descărcarea sau recircularea apei folosite;

– volumul de apă total anual, tranzitat prin schema hidrotehnică a sistemului complex de irigații, reprezintă însumarea tuturor consumurilor (cu ipoteze de dezvoltare lentă și rapidă): agricole, industriale, pentru populație, turism, agrement, protecția mediului;

– pentru a se evita consumul de energie în transportul și distribuția apei (pe rețelele magistrale) s-a adoptat soluția captării apei din surse situate altimetric, în partea superioară a Schemei hidrotehnice, cu centre de priză-aducțiuni și distribuții de tip gravitaționale și chiar cu producere, de energie;

– pentru a se asigura debitele de apă necesare (cu mari variații în cursul anului), precum și calitatea corespunzătoare a apei captată, au fost prevăzute acumulări (multianuale, anuale și sezoniere) pe sursă și în interiorul Schemei hidrotehnice a sistemului complex de irigații;

– în afara perioadei de vegetație (când se tranzițează pentru irigații volumele și debitele cele mai importante de apă și când se asigură concomitent apa și pentru celelalte folosințe) vor intra în funcțiune și acumulările interioare locale.

## 5.5. CORELAREA ȘI ADAPTAREA SOLUȚIILOR DE IRIGAȚII ȘI ALIMENTĂRI CU APĂ LA CERINȚELE GOSPODĂRIILOR AGRICOLE CU PARCELE MICI, CU FOLOSINȚE COMPLEXE ȘI ÎN CONDIȚII DE RELIEF VARIAT

**Tabelul 5.14.** Cerințele de apă pentru centrele populate

Zone interesate	Populația recenzată în 1962	% de creștere anual	Populația prevăzută		% de creștere anual al cerințelor	Nevoi prevăzute (mii. m <sup>3</sup> )	
			în 1985	în 1996		1985	1996
Orașul Marsilia	773.006	2,0	1 220 000	1 510 000	–	227	375
Departamentul Gurile Rhôn (fără Marsilia)	267.829	2,3	470 000	755 000	4,7	85	142
Departamentul Var	54.512	1,2	72.000	82.000	3,7	8	13
	64.398	2,6	115.000	154.000	3,9	18	28
	235.226	2,3	398.000	510.000	3,6	61	92
Total	551.136	–	585.000	746.000	3,7	87	133
Total pentru ansamblul zonei deservită de Canal Provençe	1.395.070	1,9	2.275.000	3.009.000	–	399	650

**Tabelul 5.15.** Cerințe de apă pentru industrie

Zone industriale	Suprafețe industriale prevăzute (ha)			Evoluția cerințelor viitoare (mil. m <sup>3</sup> )					
	1962	câtre 1975	sfârșit secol	Procent de creștere anual (%)		Procent de creștere anual (%)		Cerințe la sfârșit de secol	
				62/75	62/96	IL	IR	IL	IR
Lacul Berre	700	1.800	5.200	8	6	6	10	117	410
Regiunea Marsiliei	253	435	575	4,8	2,7	4	8	20,4	76,4
Regiunea Aix	12	50	100	12	6,5	5	9	1	1,8
Cadarache	500	1.000	2.000	5,5	4,2	–	–	79	91
Var (Toulon, La Seyne)	355	430	620	5	4,5	4	7	9,7	26,1

IL – ipoteză lentă; IR – ipoteză rapidă

### 5.5.1. CONSIDERAȚII ASUPRA CONDIȚIILOR, TEHNICILOR ȘI FORMULELOR ORGANIZATORICE

Două argumente esențiale au determinat tratarea problemelor din acest subcapitol (5.5): 1\* necesitatea extinderii irigațiilor în zone altimetrice superioare – coline dealuri – cu relief foarte variat (lunci, terase versanți, platouri) și 2\* dezvoltarea agriculturii parcelare private – cu mare diversitate de cerințe pentru irigații și alimentări cu apă.

La specificul irigației de tip complementar din climatul nostru (temperat), care impune o anumită tehnologie, se adaugă în prezent, pentru 2\*, cerințe suplimentare legate de existența agriculturii private față de elementul esențial *apa*, în condițiile:

– asigurarea dezechiliului agro-financiar provocat de alternanța anilor deficitari și excedentari (în apă);

– asigurării apei în gospodărie pentru toate folosințele (agricole – irigații – zootehnice și edilitar gospodărești), în tot cursul anului și în condițiile unui „răspuns” la „cerere” într-un timp minim, cu eforturi cât mai reduse;

– asigurării dezvoltării unei game mai variate de culturi de mare productivitate, pentru satisfacerea consumatorilor deveniți din ce în ce mai exigenți;

– reducerii cerințelor de mână de lucru, deficitara în micile gospodării (ferme) agricole private;

– administrării îngrășămintelor chimice și a unor tratamente anticriptogamice concomitent cu apa de irigație;

– asigurării – prin irigație – a protecției antigel în plantațiile viti-pomicole etc.

Dezideratele de mai sus conduc spre:

1. Tehnici de irigat prin *aspersiune*. În primul rând, care permit evitarea nivelării terenului (operație scumpă și care afectează și stratul de sol activ destul de subțire în condițiile reliefului amintit), adaptarea cu ușurință a seturilor de echipamente existente la condițiile orografice și organizatorice, controlul mai riguros al apei (pentru evitarea proceselor de eroziune și alunecări) precum și realizarea execuției în timp record.

Trebuie reținute însă și celelalte tehnici de irigat (scurgerea la suprafață, localizată ș.a.) care pot să-și găsească locul în condițiile agriculturii private, luându-se în considerare economia de materiale, echipamente, energetice etc.

2. *Automatizarea* exploatării amenajărilor. Realizarea tehnică și economică a cerințelor de mai sus poate fi satisfăcută prin eforturi conjugate din partea statului și a beneficiarilor individuali (sau asociații de producători agricoli), în concepția aplicată în țări cu remarcabile realizări, la nivel național, teritorial, local și individual, ca de exemplu în Franța, unde:

– Cazul I – marile amenajări hidrotehnice pentru irigații (conjugate frecvent și cu alte folosințe majore: navigație, hidroenergie etc.) sunt realizate pe plan teritorial-regional sau pe bazine hidrografice, prin Societăți și Companii Naționale, ca de exemplu Societatea Canal Provençe sau Compania de Amenajare a Ronului (v. „Scheme Hidrotehnice Complexe” – Editura Tehnică București, 1986, V. Blidaru), în timp ce în

– Cazul II – Amenajările cu caracter local (pentru irigații, drenaje etc.) se realizează prin organizații locale, mici asociații sau sindicate (de specialitate).

În *Franța*, problema apelor este dirijată prin Comitetul Național al Apelor, care realizează și o serie de amenajări legate în special de protecția apelor (cantitativ și calitativ), în timp ce amenajările hidrotehnice pentru mediul rural – agricultură, energie, navigație, industrie – cad în competența organizațiilor locale sau regionale, la care prezența departamentelor statului se

face puternic resimțită, sub diverse aspecte: organizatoric, tehnic, financiar etc. Finanțarea investițiilor valorifică pentru primul caz fondurile societăților, companiilor, credite (de la bănci mondiale, BIRD, franceze, CEC ș.a.), în timp ce pentru cazul al doilea organizațiile locale (asociațiile de agricultori, sindicatele etc.) beneficiază de fonduri proprii și credite de la bănci, CEC ș.a. Prezența și ajutorul statului este simțită în ambele situații.

În cazul *României*, beneficiind de existența unui puternic sector de îmbunătățiri funciare central și teritorial, cu extindere în întreaga țară, și cu un sistem financiar național și de cooperare internațională în curs de perfectare și în sensul la care ne referim se pot reține ca soluții tehnico-financiare și de exploatare:

1. Sistemele mari și complexe, de irigații (naționale, interjudețene și județene – intercomunale), ce cad în sarcina statului, vor beneficia de proiectarea centralizată de înaltă competență asigurată prin ISPIF (și alte institute, ca sub-proiectanți: ICPGA, ISPE etc.), de fonduri centrale (și credite BIRD ș.a.) și de o exploatare riguroasă prin unități de profil (IELIF ș.a.).

Pentru aceste mari sisteme – gen „Siret – Bărgan”, „Olt – Vedea – Argeș”, „Iași – Vaslui – Botoșani”, „Siret – Crișuri – Mureș” ș.a. se impune organizarea unor întreprinderi corespunzătoare de profil, gen „Trusturi de Construcții pentru Îmbunătățiri Funciare” (câte unul în fiecare unitate mare geografică\*).

2. Sistemele locale (asociații, sindicate, individuale), pot beneficia de proiectarea și execuția unităților teritoriale-județene (întreprinderile de proiectare, execuție și exploatare – IPEELIF), iar fondurile de investiții pot avea ca sursă creditele bancare și contribuțiile directe și proporționale ale beneficiarilor. Asistența tehnică în exploatarea sistemelor locale va cădea desigur tot în atribuțiile unităților teritoriale, locale.

## 5.5.2. REȚELELE DE DISTRIBUȚIE – RD – CU INSTALAȚIILE ȘI CONSTRUCȚIILE NECESARE DESERVIRII AGRICULTURII PARCELARE ȘI TERENURILOR CU RELIEF NEREGULAT. ÎNCADRAREA RD ÎN SCHEMA HIDROTEHNICĂ A SISTEMELOR DE IRIGAȚII

În zonele de coline și dealuri, ca și în zonele de câmpie cu relief variabil (câmpii, terase, platouri joase etc.), precum și în condițiile unor gospodării cu agri-

\* 1. Câmpia de Nord Vest (Oradea), 2. Câmpia Banatului (Timișoara), 3. Câmpia Română (București și Craiova), 4. Regiunea Dunării și Delta (Tulcea), 5. Podișul Dobrogei (Constanța), 6. Podișul Moldovei (Iași), 7. Podișul Transilvaniei (Cluj).

cultură parcelară (privată) cu folosințe complexe, se impun soluții de irigații și alimentări cu apă ce folosesc aceeași sursă (de apă) și rețea de aducțiuni și distribuție.

Rețelele de distribuție ce alimentează cu apă aceste gospodării trebuie să funcționeze la „cerere” și cu distribuție în tot cursul anului; deci trebuie să se găsească permanent sub presiune, având și volumul de apă asigurat.

În acest caz soluțiile ce se impun diferă de situațiile clasice, cu rețele de distribuție „separate” (pentru irigații și pentru alimentări cu apă, de tipul celor realizate la noi în țară până în prezent, în cadrul ploturilor de irigații (v. Sadova – Corabia, Tr. Măgurele, Carasu, Terasa Brăilei etc.).

Soluțiile adoptate în tehnica franceză\* din zonele Authion (N.V. Franței), Provençe, Languedoc (E.E. Franței) ș.a., pot fi valorificate și la noi pentru cazurile enunțate în primele paragrafe ale acestui subcapitol.

Pentru ca în nodurile de distribuție – la beneficiarii terenurilor agricole (parcelare), în micile gospodării agrozootehnice – apa să se poată distribui la „cerere”, valorificând o rețea de distribuție (RD) de tipul celei din figura 5.45, este indicat ca aceasta să se găsească sub presiune.

În cadrul aceluiași scheme hidrotehnice, de preferință de tip gravitațional (fig. 5.46), rețelele de distribuție (RD) vor avea o structură care poate asigura transportul apei la toate punctele (de distribuție), oricât de neuniform sunt răspândite (v. fig. 5.45). În această soluție de distribuție RD pot fi echipate cu rezervoare de echilibru ( $R_e$ ) ocupând poziții diferite în rețea ( $b_1, b_2, b_3$  – fig. 5.46).

Pentru a se putea asigura debitul cerut de rețea, cu menținerea unei presiuni acceptabile în toate secțiunile (rețelei) și la toate planurile (de altitudine ale folosințelor), se adoptă, în soluția tehnicii franceze vizată, două construcții specifice: rezervoarele de echilibru ( $R_e$ ) și bornele de irigație ( $B_i$ ).

### 1° Bornele de irigație

Situații caracteristice zonelor cu variații de altitudine (coline, dealuri), cu agricultură privată, cu parcele de cele mai diverse forme și mărimi, conduc spre

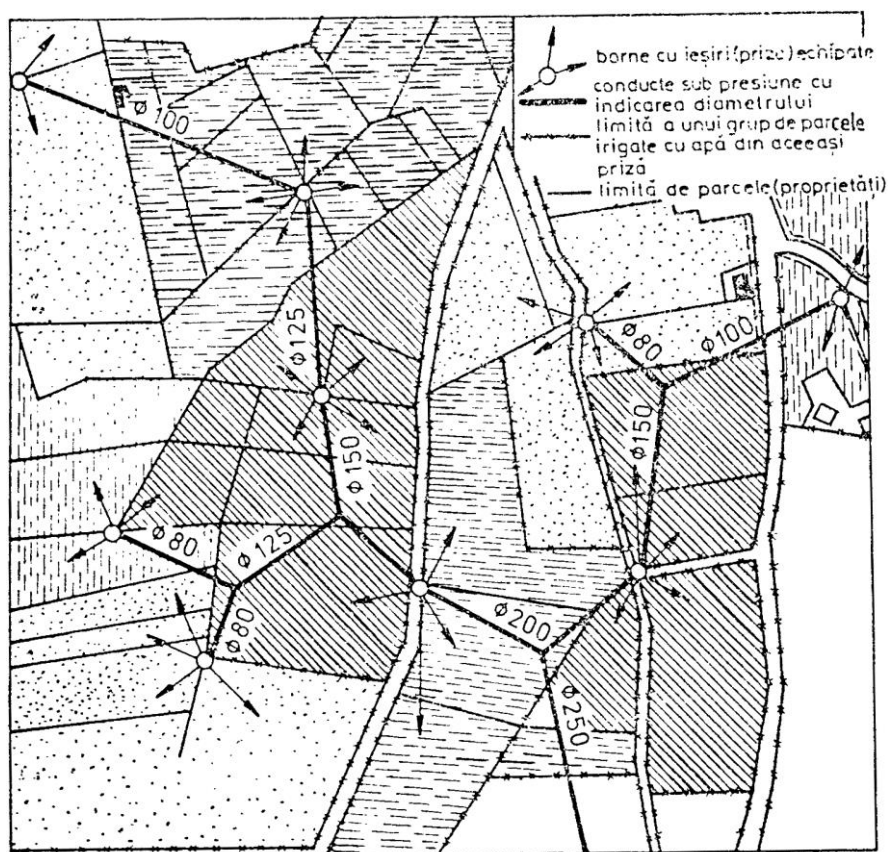


Fig. 5.45. Tip de rețea de distribuție sub presiune pentru irigații și alimentare cu apă.

rețele de distribuție de tipul celor din figura 5.45, frecvente în marile complexe de irigații din zonele Provençe și Languedoc – Franța.

Pentru a se asigura apa în toate nodurile de distribuție conform cererilor fiecărei folosințe (parcele), aceste noduri sunt prevăzute cu borne de irigație (fig. 5.47 I, II) cu una și mai multe (2 și 4) prize și cu regulator de presiune.

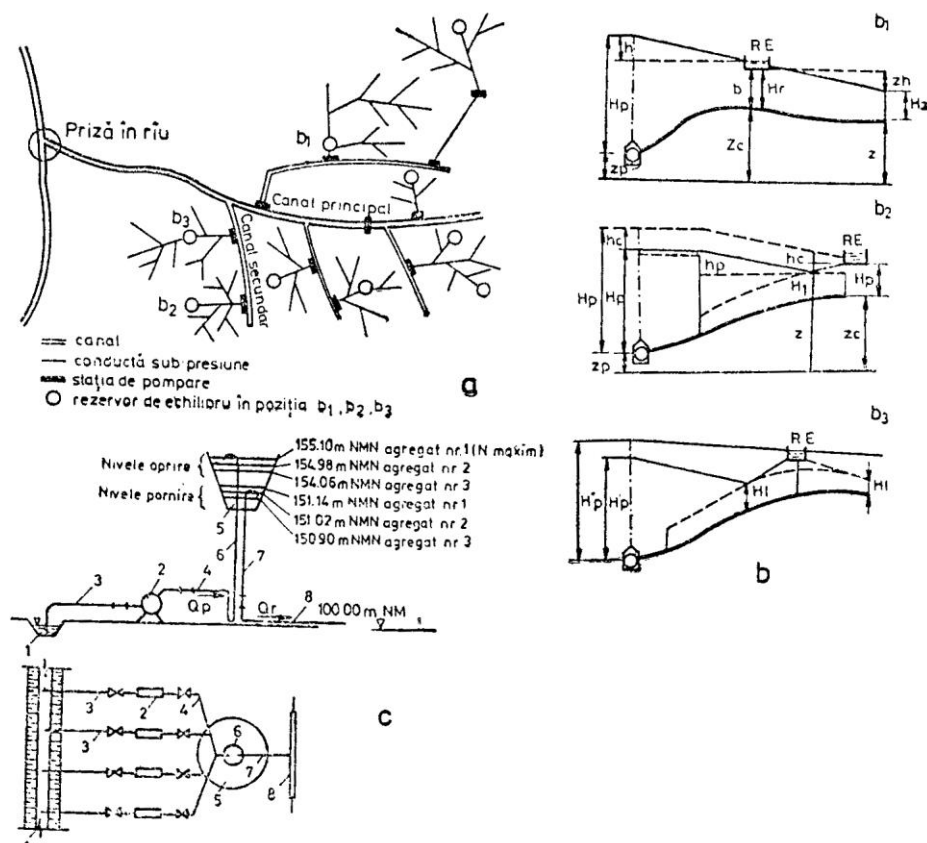
Aceste borne tip A-a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> – cu 4 prize (nu hidranți – b – specifici actualelor noastre amenajări), deservesc concomitent mai multe parcele ( $S_T = 8-10$  ha), sau folosințe agroalimentare, industriale, igienico-sanitare etc. Numărul de prize (ieșiri) corespunde numărului de folosințe – parcele – deservite concomitent (v. fig. 5.45).

Fiecare bornă, respectiv fiecare priză (a bornei) este echipată ca să asigure:

1. Trecerea, oprirea sau reglarea debitului, cu un limitator de debit, care intervine când debitul „cerut” depășește valoarea limită. Prizele bornelor sunt realizate pentru asigurarea unui debit modul (debit manevrabil) sau un multiplu de debite module; acestea sunt prize cu diametre sub 100 mm.

2. Reglarea presiunilor. Printr-un regulator comun tuturor ieșirilor (prizelor) se asigură menținerea presiunii în limitele fixate în aval de bornă, în funcție

\* V. Blidaru „Scheme Hidrotehnice Complexe” – cap. 4, Editura Tehnică, Buc., 1986.



**Fig. 5.46.** Schemă de soluții de rețele de distribuție funcționând cu stații de punere sub presiune și rezervoare de echilibru:

- a) schema hidrotehnică de tip gravitațional cu distribuția apei la „cerere” prin intermediul unor rețele sub presiune echipate cu rezervoare de echilibru ( $R_e$ ) amplasate în diverse poziții ( $b_1, b_2, b_3$ );  
 b) schema amplasării rezervoarelor de echilibru față de rețeaua de distribuție –  $b_1$  – rețeaua de distribuție cu rezervor de trecere;  $b_2$  – rețeaua de distribuție cu contrarezervor;  $b_3$  – rețeaua de distribuție cu rezervor intermediar; RE – rezervor de echilibru;  
 c) exemplu de SPP echipată cu 3+1 grupuri (r) reglată cu rezervor de echilibru (castel) având  $V_{util} = 350 \text{ m}^3$  și  $V_{rezervă} = 100 \text{ m}^3$ .

- 1 – canal de distribuție; 2 – agregat de pompare; 3 – conductă de aspirație; 4 – conductă de refulare; 5 – rezervor de echilibru; 6 – conductă sosire; 7 – conductă plecare; 8 – conductă principală.

de tehnica și echipamentul de irigație (3-4 ats. pentru aspersiune; circa 1 ats. pentru picurare și sub 1 ats. Pentru brazde). În unele variante, aceste regulatoare de presiune se pot amplasa separat de borne, imediat amonte de fiecare aparat (bornă), asigurând astfel la toate prizele bornei presiune de serviciu egală.

3. Asigurarea contorizării (volume) apei livrate (cu o eroare sub 5%); pe fiecare ieșire (priză) este montat un contor zis de „viteză”.

4. Preluarea suprapresiunilor accidentale.

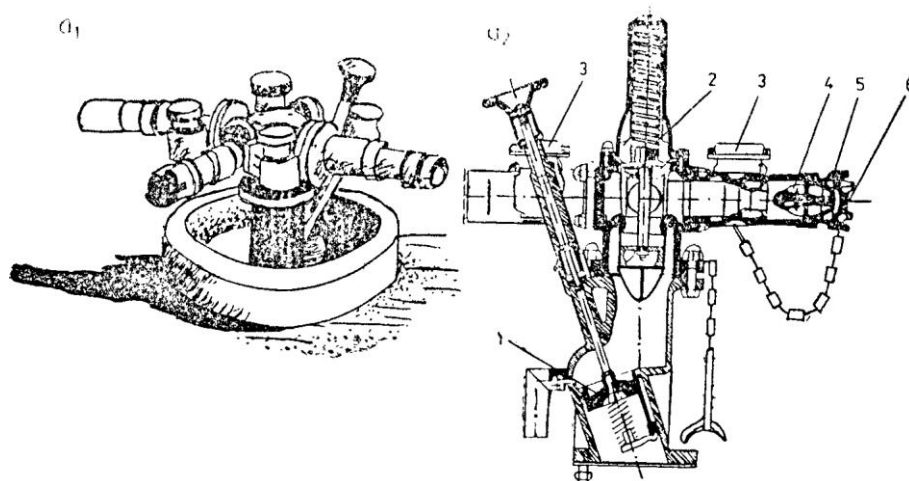
5. Protecția contra înghețului.

În afara bornelor de irigație tip A – cu 4 prize – există borne de irigație ce deservesc cerințe de debite mari (suprafețe mari ș.a.) cu o singură priză-ieșire. La aceste borne (tip B), priză de apă este echipată asemănător bornelor tip A (cu contor, cu regulator de presiune și cu limitator de debit de calibrul 100 mm sau 150 mm). Acest ansamblu este desigur orizontal și asigură un debit de apă de max. 30 l/s și o presiune maximă de 4 bari aval de

bornă (v. fig. 5.47 II-a).

Poziția (amplasarea) fiecărei borne de irigație este condiționată de altimetria, repartitia și mărimea parcelelor prevăzute a se iriga, sau a altor folosințe.

Interesul economic (investiții mai mici) cere limitarea numărului de borne de irigație, iar cel legat de



**Fig. 5.47.I.** Echipament de distribuție a apei: a<sub>1</sub>) Borna de irigație cu patru prize – tip A vedere; a<sub>2</sub>) Borna de irigație tip Aster, cu regulator de presiune comun – secțiune:

- 1 – vană comună; 2 – regulator de presiune; 3 – contor  $D_n = 600 \text{ mm}$ ; 4 – regulator de debit; 5 – racord tip Guillemet  $D_n = 63 \text{ mm}$ ; 6 – ieșire priză (gură de apă) cu dop.  
 b) Hidrant – vedere: 1 – corpul hidrantului din aliaj de aluminiu anticoroziv; 2 – diafragmă oscilantă, cu etanșare de cauciuc; 3 – suport cruce pentru șurub; 4 – fixatoare; 5 – roată de manevră; 6 – ax elicoidal.

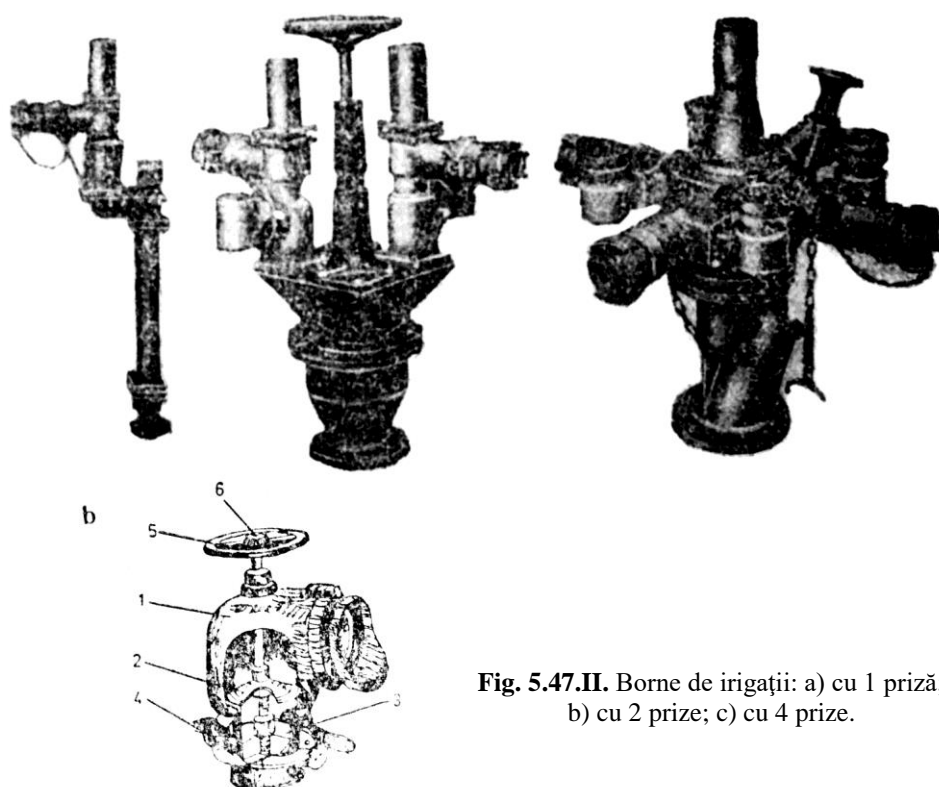


Fig. 5.47.II. Borne de irigații: a) cu 1 priză; b) cu 2 prize; c) cu 4 prize.

o exploatare comodă pentru beneficiari necesită un număr mai mare de borne: rezultă că poziția fiecărei borne este urmarea unei analize tehnico-economice între cele două interese, coroborate cu necesitatea asigurării planurilor de presiune (sub 4 ats aval de bornă).

În Franța s-a adoptat o densitate medie de 3-4 ha pe borna de irigare.

În figura 5.45 se observă soluția alimentării mai multor parcele (2-4) cu forme și mărimi diferite, dintr-o bornă de irigație.

În legătură cu amplasarea bornelor se mai reliefează două aspecte, legate de problema proprietății și mărimii parcelelor:

- în cazul suprafețelor foarte divizate, ca în agricultura mică privată, se urmărește să se amplaseze bornele pe hotare, pentru a putea deservi mai mulți beneficiari (maxim 4 parcele).

- în cazul suprafețelor mari (sectoare), bornele de irigație se amplasează cât mai central, pentru reducerea volumului de echipament mobil de udare, ca și pentru o distribuție mai uniformă a debitelor și presiunilor. (Referirea are în vedere tot formele de relief neuniform).

6. Debitul la prizele bornei (tip A) depinde de mărimea și forma loturilor (parcelelor) deservite de fiecare priză și este stabilit odată cu proiectarea (adaptarea sau completarea) planului de amplasare a bornelor de irigație. În general debitele prizelor sunt normalizate, iar prin proiectare se fixează clasa de debit (modul sau

multiplu de module) a fiecărei prize; în tehnica franceză s-a generalizat dotarea prizelor cu module ce corespund debitelor specifice de 1-3 l/s·ha, respectiv dozelor de 3-10 m<sup>3</sup>/h·ha.

7. Presiunea la prizele bornei. Paralel cu stabilirea debitelor se calculează și presiunile pentru fiecare perimetru aflat la o anumită altitudine. Se urmărește stabilirea unei presiuni optime rezultată în urma studiului ce ia în considerare ansamblul costurilor: investiții și cheltuieli de exploatare.

În tehnica irigației din cadrul sistemelor automatizate se adoptă ca presiune optimă, aval de bornele de irigație, presiunea cuprinsă între 3 și 4 atmosfere.

Marele complex irigabil Bas-Rhône – Languedoc ( $S_r = 250.000$  ha divizat în suban-

samble de 30-40.000 ha) cu un relief neregulat și cu o mare extindere a agriculturii parcelare, este organizat pe sectoare de presiuni (blocuri) ce variază între 2.000 și 6.000 ha, dominate de câte un rezervor de echilibru (Re), amplasat pe etaje de altitudini. Privit de la distanță, în acest complex irigabil se evidențiază prezența unui mare număr de rezervoare de echilibru (castele de apă), asemănător unor mari copaci răzlețiți pe întreg teritoriul, cu amplasări la altitudini diferite, dominând întinse blocuri de irigații, cu suprafețe variate, (funcție de altitudini), figura 5.48.



Fig. 5.48. Rezervor de echilibru (castel de apă).



## 2° Rezervoarele de echilibru

Irigarea fiecărui bloc este asigurată printr-o stație de pompare (Stpp) amplasată lângă canalul (fig. 5.49) ce reprezintă sursa de apă (de obicei canal de distribuție și mai rar un curs de apă). Ca regulă generală în Complexul Bas-Rhône – Languedoc la fiecare etaj de altitudine este asociată o stație de pompare cu un rezervor de echilibru  $R_e$ , cu suprafața liberă, care asigură reglarea presiunii în rețea, precum și volumul de apă minim necesar în caz de avarii.

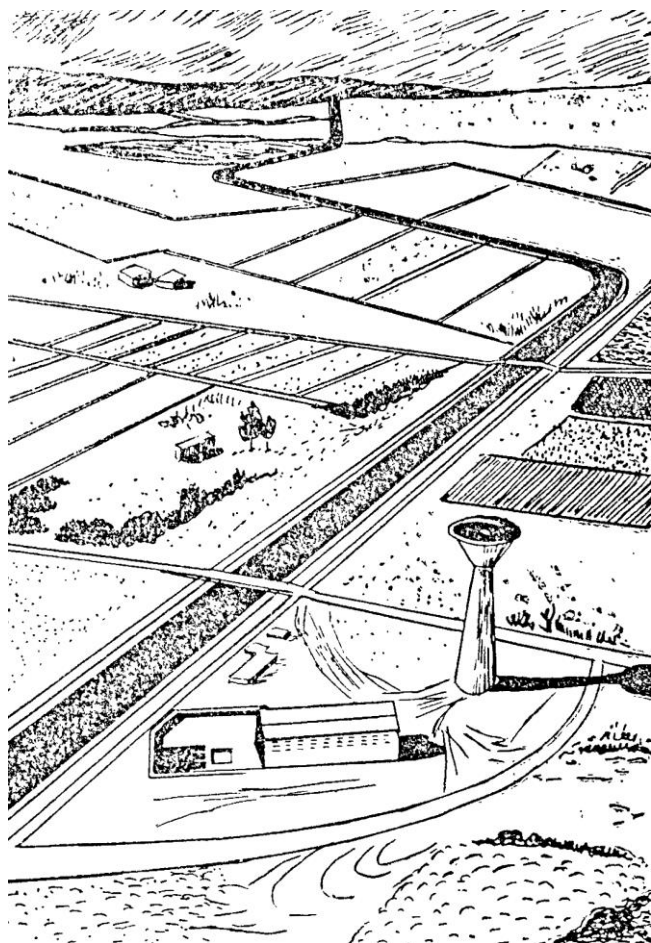


Fig. 5.49. Stația Sainte-Colombe. Rezervor și canal principal.

Cota rezervorului  $R_e$  se stabilește astfel ca amonte de fiecare bornă de irigație să se asigure o presiune de minimum 4 ats.

Întrucât în agricultura parcelară – privată – regimul de exploatare al rețelilor de distribuție este mult mai solicitat (ca frecvență de porniri-opriri, ca fluctuații de debite și presiuni, ca exigență în „răspuns” la „cerere”), pentru a adapta regimul Stpp la debitul cerut în rețea, cu menținerea presiunii necesare în toate secțiunile rețelei, s-a adoptat (în S.I. Rhône – Languedoc) sistemul de reglaj în regim discontinuu de tip rezervor deschis (mărimi exploatate: niveluri etajate), amplasat lângă Stpp (fig. 5.50).



Fig. 5.50. Stație de punere sub presiune cu rezervor de echilibru în SI Rhône – Languedoc.

Acest tip de reglaj folosește rezervorul cu nivel liber, legat în paralel cu conducta de refulare a Stpp (v. fig. 5.46).

Principiul este următorul: agregatele funcționează automat (comandate de relee de nivel), în limita a două niveluri de apă în rezervor, cu un număr limitat de porniri și opriri pe oră. Declanșarea sau anclanșarea agregatelor se face în scară, în funcție de oscilația nivelului apei în rezervor, oscilație care este corelată cu regimul de funcționare din rețea.

Soluția conduce la un randament excelent, prin alegerea unui domeniu de reglaj  $\Delta H$  relativ mic, grație unui reperaj precis al nivelelor și funcționării pe o plajă de randament optim al pompării (v. fig. 5.46).

Amplasarea rezervoarelor de echilibru poate fi: fie lângă Stpp și atunci sunt de tipul castelelor (turnuri) de apă supraînălțate, fie în locuri mai mult sau mai puțin distanțate (de Stpp), care, prin altitudinile superioare (față de Stpp), permit reducerea înălțimii castelului de apă și chiar amplasarea cuvei rezervorului la nivelul terenului.

Când orografia terenului nu permite montarea rezervorului la suprafața solului, se recomandă soluția cu castel de apă, atunci când debitul maxim de pompare este relativ ridicat (circa 1.000 l/s și mai mult) și când presiunea de refulare nu impune o supraînălțare a rezervorului mai mare de 50-54 m, care ar conduce la construcții prea costisitoare.

Nivelul apei din rezervor comandă reglarea stației de pompare. Nivelurile de oprire și de pornire ale fiecărui grup sunt eșalonate, respectiv la partea superioară și la partea inferioară a rezervorului, cu un suficient decalaj pentru a preîntâmpina funcționarea necorespunzătoare. Pentru a beneficia de economiile tarifare realizate prin pompare în orele de minim al curbei de

sarcină a furnizării de curent, se poate instala un programator orar, care neutralizează reglarea normală în timpul orelor de vârf și care este reglat astfel ca rezervorul să fie totdeauna plin la începutul perioadei (orelor) de vârf.

Dacă detectarea nivelului din rezervor este asigurată cu suficientă precizie printr-un flotor sensibil, comenzile diferă după modul de semnalizare și transmitere la stația de pompare a poziției flotorului:

- fie că flotorul comandă un contactor care produce în mod selectiv semnale transmise prin conducte directe la Stpp, și anume câte două fire pe grup (pentru conectare și deconectare); acest sistem este simplu și precis (precizia fiind legată de economia de pompare), dar la distanță de câțiva kilometri cablul electric de transmisie devine neeconomic și, mai mult, capacitatea și rezistența sa riscă să cauzeze perturbații în relele de recepție a semnalelor;

- fie folosind același selector cu contacte, însă fiecare contact determinând un semnal de frecvență selectivă, transmis la stație printr-o pereche de fire telefonice sau prin radio; acest sistem este sigur și precis, chiar dacă rezervorul este foarte depărtat de stație, dar considerat ca fiind relativ scump;

- fie că flotorul comandă un potențiomtru care produce un curent electric proporțional cu poziția nivelului; un cablu cu doi conductori este suficient pentru a transmite curentul la stație. Acest sistem este simplu și ieftin, fiind acceptabil chiar pentru distanțe mari între rezervor și stație, cu condiția să nu fie decât puține grupuri de pompare.

*Funcționarea și volumul rezervoarelor.* Funcționarea are un caracter periodic, adică este ciclică. Durata ciclului  $T_e$  depinde de volumul rezervorului și debitul mediu  $q_m$  al grupului de pompare în funcțiune (între cele două valori extreme ale presiunii). Dacă o pompă funcționează între două presiuni  $H_0$  și  $H_0 + H$ , debitează un debit mediu dat de relația Valibouse:

$$q_m = \frac{2}{3} \frac{q_1^2 + q_1 q_2 + q_2^2}{q_1 + q_2}$$

în care  $q_1$  și  $q_2$  reprezintă, respectiv, debitele corespunzătoare celor două presiuni indicate.

Dacă funcționarea în comun a  $n$  grupuri identice reușește să stabilească „cererea” de debit  $Q$ , iar  $n + 1$  grupuri livrează un debit care depășește „cererea”, durata ciclului de lucru a rezervorului va depinde de volumul  $V_u$  al rezervorului, prin relația:

$$T_c = V_u \left( \frac{1}{Q = n q_m} + \frac{1}{(n+1) q_m - Q} \right)$$

$\downarrow$  golirea                       $\downarrow$  umplerea  
 declanșarea                  anclanșarea  
 la presiune                    la presiune  
 maximă                        maximă

în care  $Q$  reprezintă valoarea „cererii”.

Valoarea minimă  $T_0$  a ciclului se obține pentru un debit „cerut”:

$$Q = \frac{2n+1}{2} q_m$$

Această valoare a debitului  $Q$  conduce la un volum util minim:

$$V_u = \frac{T_0 \cdot q_m}{4}$$

Deci, în cazul rezervoarelor cu nivel liber, volumul util  $V_u$ , pentru un interval minim acceptabil  $T$ , trebuie să satisfacă relația:

$$V_u \geq \frac{T \cdot q_m}{4}$$

*Caracteristici constructive ale  $R_e$ .* În funcție de orografia terenului din vecinătatea stațiilor de pompare, rezervoarele pot fi amplasate: pe sol, îngropate, pe turn (castel). Ultimele au cea mai mare răspândire în S.I. Rhône – Languedoc (fig. 5.51).

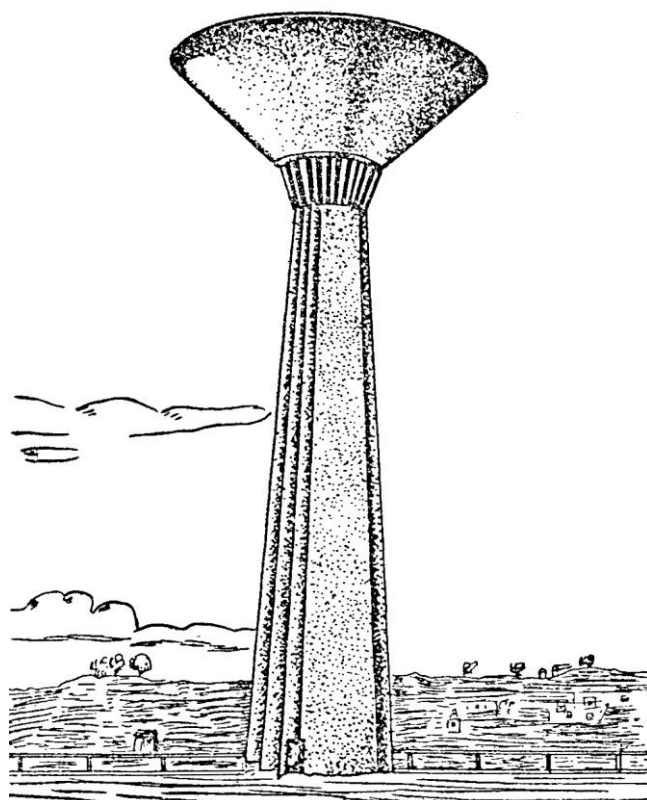


Fig. 5.51. Rezervor de echilibru în S.I. Rhône – Languedoc.

Forma rezervoarelor este destul de estetică: un turn tronconic, cu baza mare la sol, cuva de asemenea tronconică, dar invers, este sprijinită pe un brâu de colonade.  $R_e$  este dispus, în general, în derivație pe rețea, în apropierea stației de pompare. Volumul util al cuvei corespunde cu volumul pompat în timp de 20 minute prin pompa în funcțiune, aceasta pentru a se evita demarajele prea frecvente ale pompelor care uzează prematur motoarele. În cuvă, acest volum de apă se află

cuprins între două niveluri, unul inferior care dacă este utilizat (fără voie) la punerea în funcțiune a tuturor pompelor stației, indică prezența unei avarii pe rețea și provoacă oprirea ansamblului pompelor și altul (nivel) superior, care constituie o rezervă de siguranță înainte de a atinge nivelul de preaplin al rezervorului.

1. Echipamentul rezervorului cuprinde:

– conducta centrală, care are același diametru cu conducta de aducțiune, branșată direct printr-un teu pe conducta ce pornește de la Stpp; conducta servește la circulația apei în cele două sensuri;

– conducta de preaplin, terminată printr-o pâlnie progresivă cu un diametru de aproximativ 2,60 m. Debitul ce se descarcă eventual prin preaplin trece printr-un uvraj disipator de energie înainte de a se evacua printr-un canal;

– o conductă centrală-turn, prevăzută cu o scară, (traversează vertical) cuva astfel ca să permită accesul unei pasarele, situată deasupra celor mai ridicate niveluri ale apei. La nivelul acestei pasarele sunt dispuse patru tuburi metalice pentru cerințele telecomandării stațiilor de pompare și ale teletransmisiei nivelurilor de apă din cuvă;

– scara prevăzută cu paliere de odihnă, care străbate în interior turnul, de la sol și până la platforma superioară.

2. Caracteristici constructive ale unor rezervoare normalizate\* pentru tehnica irigației din Spania (Direcția generală a lucrărilor hidraulice din Ministerul Lucrărilor Publice) se prezintă în figura 5.52.

Pentru limitarea cheltuielilor de investiții la valori rezonabile, normalizarea prevede:

– înălțimea maximă a fundului cuvei să fie la 52 de metri de la suprafața pământului, iar capacitatea cuvei să ajungă până la 550 m<sup>3</sup>. Limitarea înălțimii asigură presiunile necesare în rețelele de conducte pentru aspersiune (circa 4 at amonte de prizele bornelor + 12 m pierderi maxime de sarcină în conducte);

– turnul se construiește de tip cilindric, folosindu-se cofraje glisante. Caracteristicile tehnico-constructive ale acestor rezervoare pentru irigații sunt centralizate în planșa din figura 5.52.

Castelul de apă normalizat cuprinde cele trei părți: fundația, turnul și cuva. Cuvă, pentru toate tipurile, are forma unui trunchi de con inversat, sprijinit de o grindă circulară; fundul cuvei este un segment de calotă sferică. Dimensiunile acestor elemente sunt stabilite astfel încât rezultanta eforturilor transmise prin fundul și pereții cuvei pe turn să fie verticală. În același timp, fundul sferic al cuvei trebuie să fie supus la eforturi de compresiune, evitându-se fisurile periculoase

pentru scurgerea apei. Fundul circular și pereții tronconici exteriori ai cuvei sunt din beton armat, cu o grosime de 25 cm (grosimea betonului este supradimensionată, în scopul diminuării riscurilor de infiltrație);

– Capacitatea cuvei variază într-o gamă de la 200 m<sup>3</sup> până la 550 m<sup>3</sup>, care asigură deservirea tuturor suprafețelor posibile sub 4.500 ha. Se prevede la cuvă o siguranță (supraînălțare) de 75-90 cm, după tipul de rezervor, cu scopul de a evita debordarea apei la valurile formate de vânturi puternice sau la cutremure de pământ, precum și pentru a servi drept cămin de punere sub presiune a conductelor de preaplin, în cazul unor pene ale mecanismelor automate de oprire a grupurilor de pompare;

– Turnul castelului, cu 52 m înălțime, este cilindric, cu un diametru exterior constant de 5,50 la 7 m, după tipurile adoptate; este proiectat pentru a fi construit cu ajutorul cofrajelor glisante, dându-se structurii o consistență monolitică, grație betonării continue. Economia cu evitarea eșafodajului și reducerea timpului de construcție este remarcabilă, contribuind la generalizarea tehnologiei de execuție.

Pentru stabilirea grosimii pereților turnului, în afara sarcinilor transmise de cuvă, se au în vedere și cele două grupe de aspecte: simplificarea construcției, care ar conduce spre grosimi constante și solicitările date de împingerea vântului și efectul seismic (dacă este cazul), care provoacă momente de încovoiere, ce fac să se adopte soluția unor grosimi variabile, pentru obținerea de economii de materiale. Considerarea celor două puncte de vedere a condus la o soluție intermediară: menținerea unui diametru exterior constant și eșalonarea grosimilor pentru a se obține trei tronsoane care au, respectiv, 0,40 m, 0,35 m și 0,25 m.

Turnul este prevăzut cu 9 etaje, cu distanța normală între două etaje consecutive de 6 m. Etajele au rolul de platforme pentru odihnă, de montare a conductelor, depozitarea și aprovizionarea cu materiale. Suprasarcina prevăzută pentru calculele etajelor este de 1.000 kg/m<sup>2</sup>, fiind inclusă și scara (metalică) cu o lățime de 0,80 mn, calculată pentru o sarcină de 800 kg/m lungime. Construcția scării asigură locul pentru montarea conductelor și a ascensorului, care urcă până la etajul superior;

– Legătura cuvei castelului cu Stpp și cu rețeaua de irigație se face printr-o singură conductă, care servește atât pentru ridicarea apei, cât și pentru coborâre (cazul I). În majoritatea cazurilor se preferă două conducte identice pentru separarea circuitelor (ridicare – coborâre) – cazul II (v. fig. 5.52).

Primul caz solicită mai puțin rezistența mecanică a calotei, în schimb prezintă dezavantajul că dacă vanele (la oprire) nu sunt totodată închise etanș, ansamblul rețelei se poate goli.

\* Lucrare comunicată și acceptată la al 7-lea Congres internațional de irigații și drenaje Mexic, 1969.

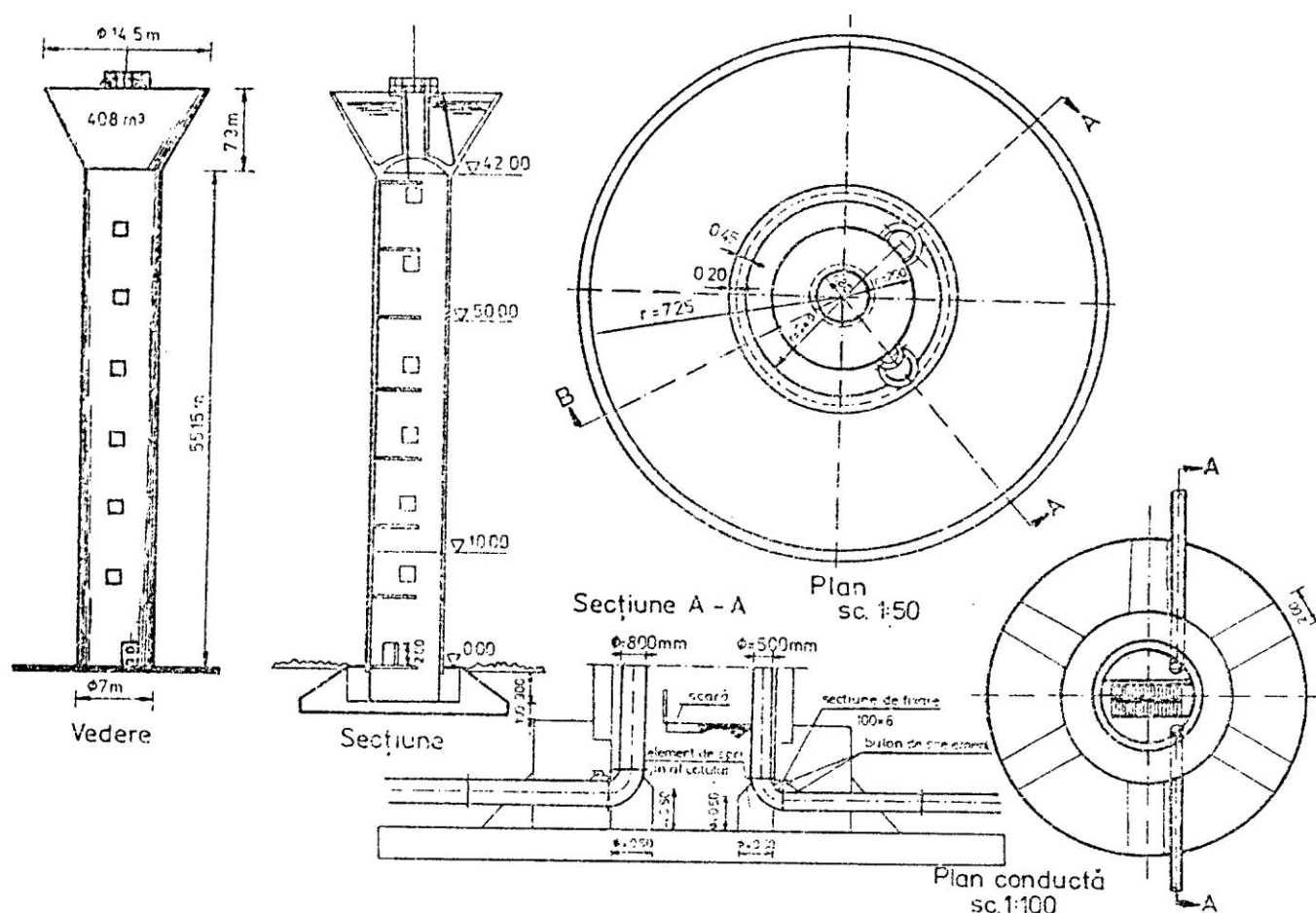


Fig. 5.52. Rezervor de echilibru (castel) tip pentru irigații și alimentări cu apă: vedere, secțiune, plan detalii.

În cazul al doilea trebuie ca debitul livrat prin grupurile de pompare să fie ridicat (prin conducta de ridicare) pentru ca apoi să fie coborât prin altă conductă, ceea ce obligă la creșterea diametrelor acestora. Conducta de golire a preaplinului are un diametru de 500 mm, pentru a preveni revărsarea apei peste creasta cuvei, în caz de defecțiuni eventuale la sistemul automat de oprire al pompelor;

– Tipul de fundație poate varia după o serie de criterii constructive, ca și după rezistența terenului, care de obicei este destul de slabă în zonele irigabile, înregistrând (prin studii geotehnice) tasări ce pot ajunge la 4 cm, ceea ce este foarte mult pentru astfel de construcții. Normativul la care ne referim a adoptat un gen de fundație-pahar: pe o dală-radier din beton armat este construit un cilindru cu pereți groși, aceste două elemente rigidizate prin șase contraforți sprijină turnul castelului, descris mai sus;

– Pentru calculul mecanic al structurii s-a considerat împingerea vântului (în  $\text{kg/m}^2$ ), rezultând din relația:

$$P = 125 + 0,6H$$

$H$  fiind înălțimea structurii (în m).

S-a aplicat efectelor vântului un coeficient de

reducere de 0,6, fiind dată forma secțiunii circulare.

Normativul castelelor la care se face referire nu include în calcul și efectele seismice care ar putea depăși 7 grade (scara Mercalli), nefiind cazul pentru marile zone irigabile din Spania. În cazul extinderii irigațiilor cu astfel de soluții (cu  $R$  de echilibru) în zone cu seisme superioare celor considerate (7 grade, pentru care se prevede o accelerație orizontală de 0,05 g) sunt necesare proiectări specifice, care să asigure stabilitatea structurii.

În proiectarea structurii se acordă mare atenție și studiului la flambaj, atât pentru ansamblul structurii, dar mai ales pentru problemele de flambaj local, cu toate că grosimea dată pereților (40-25 cm) asigură rezistența și la această solicitare.

Sarcinile maxime de compresiune obținute în betonul din turn (în special) se ridică la  $50 \text{ kg/cm}^2$ , iar sarcinile maxime transmise terenurilor de fundație ating  $1,2 \text{ kg/cm}^2$ .

Turnul este supus, în cea mai mare parte a cazurilor, la o compresiune simplă și foarte rar la una compusă (în caz special, când solicitarea seismică coincide cu 50% din solicitarea maximă datorată vântului). Cu toată situația defavorabilă, nu se pun probleme, întrucât

turnul are o armătură verticală corespunzătoare.

– punerea în operă a cuvei constituie una din cele mai dificile probleme. Soluția cea mai bună a fost găsită în construirea cuvei la suprafața terenului și ridicarea ei (cu cricurile cu care se ridică și cofrajele glisante) progresivă, odată cu ridicarea lucrărilor. Această soluție conduce la limitarea grosimii pereților din beton armat ai cuvei la dimensiuni strict necesare, pentru a se reduce greutatea cuvei, sau la alegerea unei cuve metalice; aceasta, la majoritatea rezervoarelor, cuvele au  $350 \text{ m}^3$  volum apă.

### 5.5.3. UNELE INDICAȚII PENTRU ASIGURAREA FILTRĂRII APEI ÎN CENTRUL DE CAPTARE. EXEMPLU

După cum rezultă din cele expuse până aici, soluțiile de alimentare cu apă și irigații – în complex, în tot timpul anului și cu „răspuns” la „cerere” – implică o tehnologie superioară (cele clasice, cu folosințe unilaterale și pe terenuri plane, cu agricultură mare) și desigur cu costuri mai ridicate, eficiența însă va fi și superioară celei din soluțiile clasice.

Baza materială constructivă a acestor amenajări pentru folosirea mixtă a apei (irigații și alimentare cu apă) trebuie să includă și măsurile de epurare a apei, cel puțin mecanică.

Un exemplu reprezentativ, cu un asemenea complex constructiv – filtru (sită rotativă), stația de punere sub presiune și castelul de echilibru – îl oferă Sistemul de Irigații Montijo din Spania (fig. 5.53, 5.54).

În S.I. Montijo – Spania ( $S_T = 3.044 \text{ ha}$ ), cu agricultură privată ( $S_{\text{parcela}} = 5 \text{ ha}$ ;  $q_c = 0,75 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$ ;  $L_{CT} = 25.070 \text{ m}$  cu  $D_n = 500\text{-}900 \text{ mm}$ ;  $H_s = 3,3 \text{ at}$ ), apa captată din canalul Montijo (v. fig. 5.53), printr-o priză echipată cu o vană automată cu nivel constant, este preluată de Stpp ( $Q = 2.300 \text{ l/s}$ ,  $H_p = 80 \text{ m}$ ;  $P = 4.240 \text{ HP}$ ,

cu  $6 + 1$  grupuri pompare), după ce a fost prealabil filtrată (fig. 5.54).

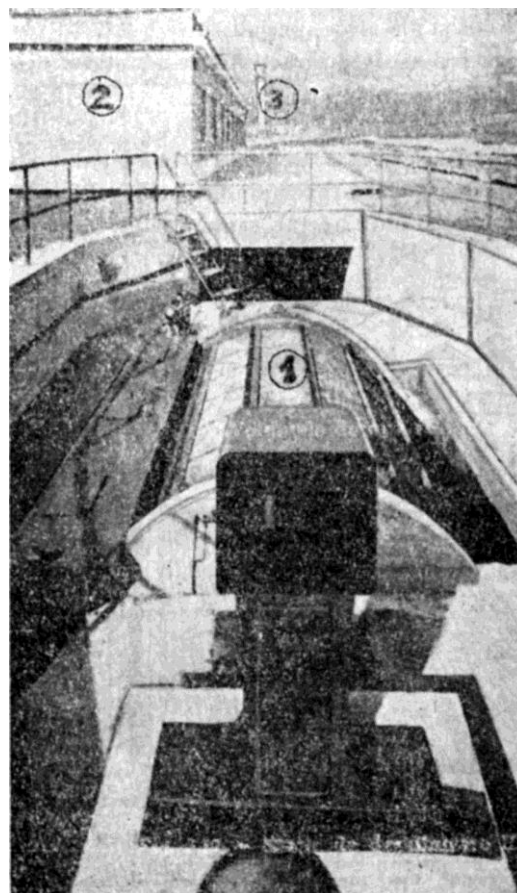


Fig. 5.54. Centrul de priză la SI Montijo: 1 – sită rotativă; 2 – Stpp; 3 – rezervorul de echilibru.

Sistemul de irigație complex este prevăzut cu un rezervor de echilibru  $R_e$  tip castel de apă (v. fig. 5.54-3). Deci centrul de priză și punere sub presiune al S.I. Montijo este compus din: aducțiune gravitațională din canal deschis, cu reglare hidraulică, stație de epurare (mecanică), Stpp și rezervor de echilibru  $R_e$ .

### 5.5.4. UNELE TEHNICI DE IRIGARE ȘI ECHIPAMENTE DE UDARE, ÎN CADRUL GOSPODĂRIILOR MICI, CU PROFIL COMPLEX

Adoptându-se tipul de rețea de distribuție pentru agricultura parcelară (privată) și pe terenuri cu relief neregulat (v. fig. 5.45), posibilitățile alegerii echipamentelor sunt condiționate atât de mărimea suprafeței parcelelor, cât și de tehnica de irigare aleasă: aspersiune, scurgere la suprafață, localizată, bivalentă etc.

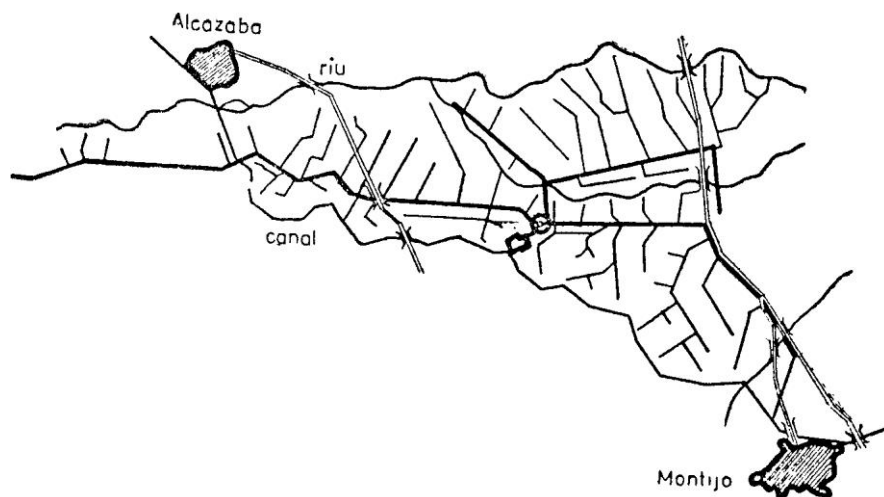


Fig. 5.53. Schema sistemului de irigații Montijo.

Referirile care urmează nu au în vedere tehnicile și echipamentele specifice agriculturii mari, în soluție clasică ( $S_1$ ), care sunt suficient tratate în cărțile de Irigații (și Drenaje) ale autorilor și ale altor specialiști.

Aici vor fi reținute echipamente și aspecte caracteristice adoptate pentru agricultură cu parcele mici.

### 1° În cazul aspersiunii

1. *Instalații și echipamente pentru aspersiune.* În interiorul uneia sau mai multor gospodării (exemplu fig. 5.55), alimentarea cu apă a suprafețelor mici – de ordinul unui hectar, sau mai mult – se poate face folosind instalații de udare de diverse tipuri (mobile, semimobile și fixe – figura 5.56), alimentate prin prizele bornelor de irigații.

Conducta primară (de legătură, la rețeaua de distribuție) transportă tot debitul prizei de apă („modulul”), alimentând conductele secundare sau rampele (aripile) de udare, la care sunt bransate aspersoarele, direct sau prin intermediul furtunelor, în cazul aspersoarelor cu deplasare prin târâre (fig. 5.57), pe suporturi glisanți (model mare și mic).

În figura 5.57 (a, b) sunt date două exemple reprezentative pentru

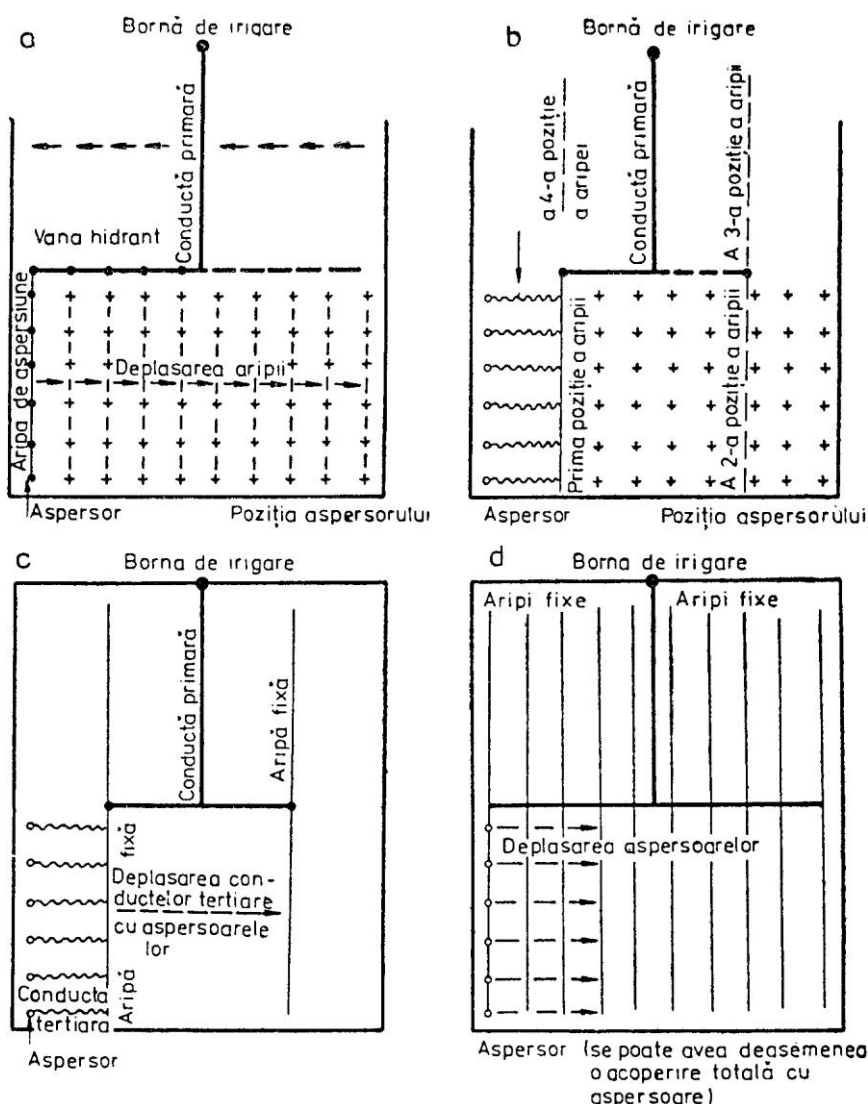


Fig. 5.56. Tipuri de instalații de udare prin aspersiune pentru parcele mici: a – instalație mobilă; b – instalație semimobilă; c – instalație semifixă; d – instalație fixă (acoperire totală).

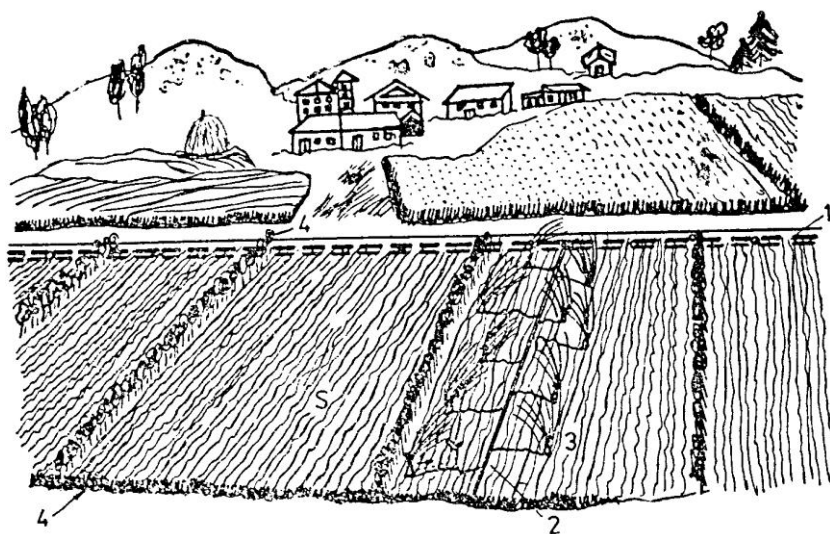
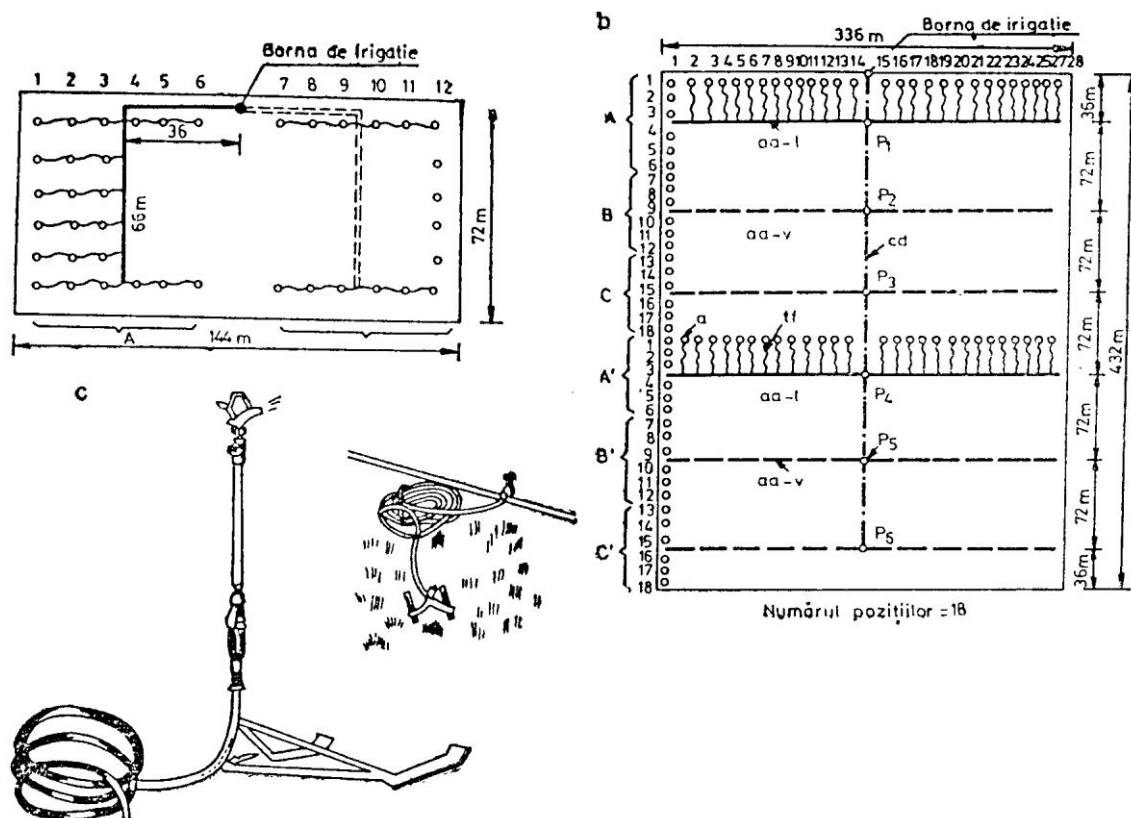


Fig. 5.55. Irigarea prin aspersiune a parcelelor de teren ocupate cu grădini de zarzavat și livezi într-o mică fermă: 1 – conductă de distribuție sub presiune, fixă (îngropată); 2 – aripă de aspersiune mobilă; 3 – aspersor mobil; 4 – perdea de protecție; 5 – parcelă de irigație.

suprafețe irigate de 1 ha și 14,5 ha, din Complexul Rhôn inferior – Languedoc (după ing. Albert Goudeau, Montpellier – 1963).

Pentru exemplu suprafeței de 14,5 ha, calculul hidraulic al rețelei este făcut în ipoteza funcționării simultane a 2 prize (de exemplu  $P_1$  și  $P_4$ ), alimentând fiecare câte două aripi aspersoare (de exemplu A și A') având fiecare câte 14 aspersoare. Conducta de distribuție îngropată alimentează simultan un număr de 56 aspersoare – prin cele 2 prize și 4 aripi aspersoare.





**Fig. 5.57.** Scheme de instalații de aspersiune cu aspersoare Seppic pe suporturi glisanți, situați la 12 x 12 m: a) pentru o parcelă de 1 ha; b) pentru o parcelă de 14,5 ha; c) aspersor Seppic cu depășirea prin târâre: cd – conductă de distribuție;  $P_1, P_2, \dots$  priză (hidrant); a-l – aripă aspersoare în lucru; a-v aripă aspersoare – în poziția viitoare; tf – tub flexibil; 1, 2, 3... 18 – pozițiile succesive ale aspersorului pe o direcție; 1, 2, 3... 28 – număr aspersoare ce funcționează simultan pe cele două aripi alimentate de o priză de apă; a – aspersor.

Echipamentul și caracteristicile funcționale sunt: – conducte de aliaj de aluminiu (aripa aspersoare) care transportă câte 1/4 din debitul conductei fixe de distribuție, debit furnizat prin cele 2 prize în funcțiune simultană. Aceste conducte au:  $d = 2''$ ; lungimea (fiecărei aripi) 162 m; pierderile de sarcină 3,12 m – tuburile de material plastic au:  $d = 20$  mm; lungimea = 30 m; pierderile de sarcină 1,20 m ( $0,04 \times 30$ ); pierderile de sarcină totale  $3,12 + 1,20 = 4,32$  m; – presiunea de funcționare (de serviciu) la primul aspersor este:  $2,80 - 0,12 = 2,68$  atm; ( $2,80$  – presiunea la priză); – presiunea de funcționare la ultimul aspersor este:  $2,68 - 0,312 = 2,368$  atm; – debitul de aspersor =  $0,83$  l/s;  $H_{sm} - 2,5$  atm;  $i_f = 5,7$  mm/h.

Pentru funcționarea instalației prezentată în schița din figura 5.57, b sunt necesare: 648 m conductă aluminiu – cele 4 aripi aspersoare –  $[(336 \times 2) - (12 \times 2)]$ ; 58 aspersoare montate pe suporturi glisanți care se brânșează prin tuburile elastice la aripi aspersoare de aluminiu (fig. 5.57, c).

Depășirea aspersoarelor montate pe suporturi glisanți se poate face prin tracțiune, cu tuburile elastice. Tuburile elastice având 30 m lungime, este posibil să se efectueze cu fiecare aspersor câte 3 stații, de o parte și

de alta a aripii aspersoare (de aluminiu) fără a necesita depășirea acestora. Funcționarea aspersorului se face începând cu poziția cea mai îndepărtată de aripă, în ordinea 1, 2, 3 respectiv 6, 5, 4 (v. fig. 5.57, b poziția A de o parte și de alta a aripii).

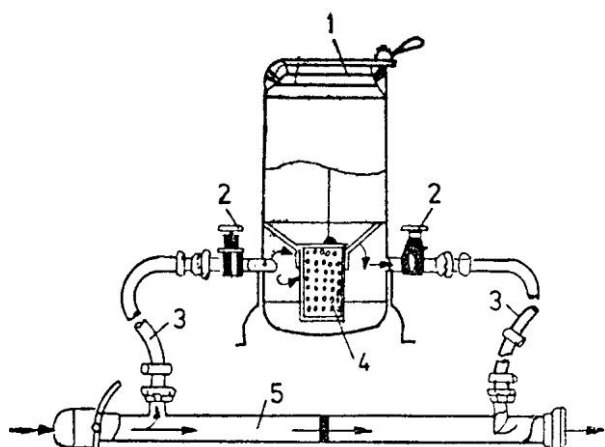
În figura 5.57, a se dă (Albert Goudeau) o schemă de udare cu instalația mobilă folosind aspersoare SEPPIC cu suporturi glisanți, pentru o parcelă de 1 ha din complexul hidroameliorativ Rhôn inferior – Languedoc.

La toate tipurile de instalații de aspersiune cu conducte prezentate, se pot atașa dozatoare de îngrășământ, ca cel din fig. 5.58, cu ajutorul căruia se realizează, concomitent cu udarea, și distribuirea îngrășămintelor.

Pentru o parcelă de formă dată (fig. 5.45), orientarea și lungimea rampelor de udare diferă după amplasamentul prizei de apă (la marginea sau la centrul terenului) și după traseul conductei de legătură (primară).

Schemele din figurile 5.56 și 5.57 arată că între soluțiile extreme (ca echipament, cost investiții, cheltuieli de exploatare), adică între instalația mobilă, în care întregul echipament se mută și instalația fixă, în care se deplasează numai aspersoarele, se înscriu și alte soluții intermediare, care se pot diversifica după posibilitățile financiare și forța de muncă de care se dispune.

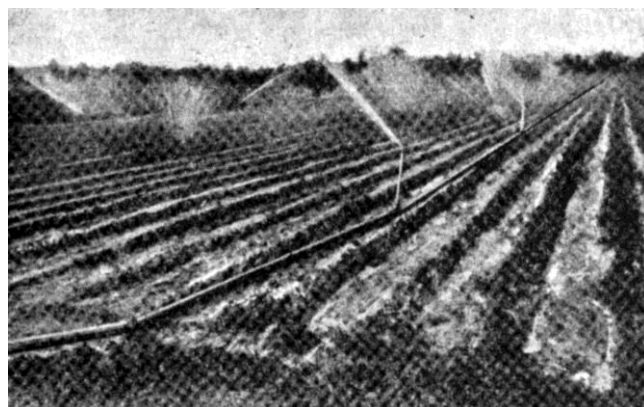




**Fig. 5.58.** Secțiune prin dozatorul de îngrășăminte și schema racordării la aripa de aspersiune: 1 – rezervor pentru îngrășăminte; 2 – robinet; 3 – tuburi elastice; 4 – sită prin care trece îngrășământul; 5 – aripa aspersoare.

În cazul grădinilor de zarzavat și a livezilor aspersorul trebuie să urmărească în deplasare linia brazdelor și a rândurilor de pomi, idem montarea aripii de aspersiune cu aspersoare fixe (fig. 5.59).

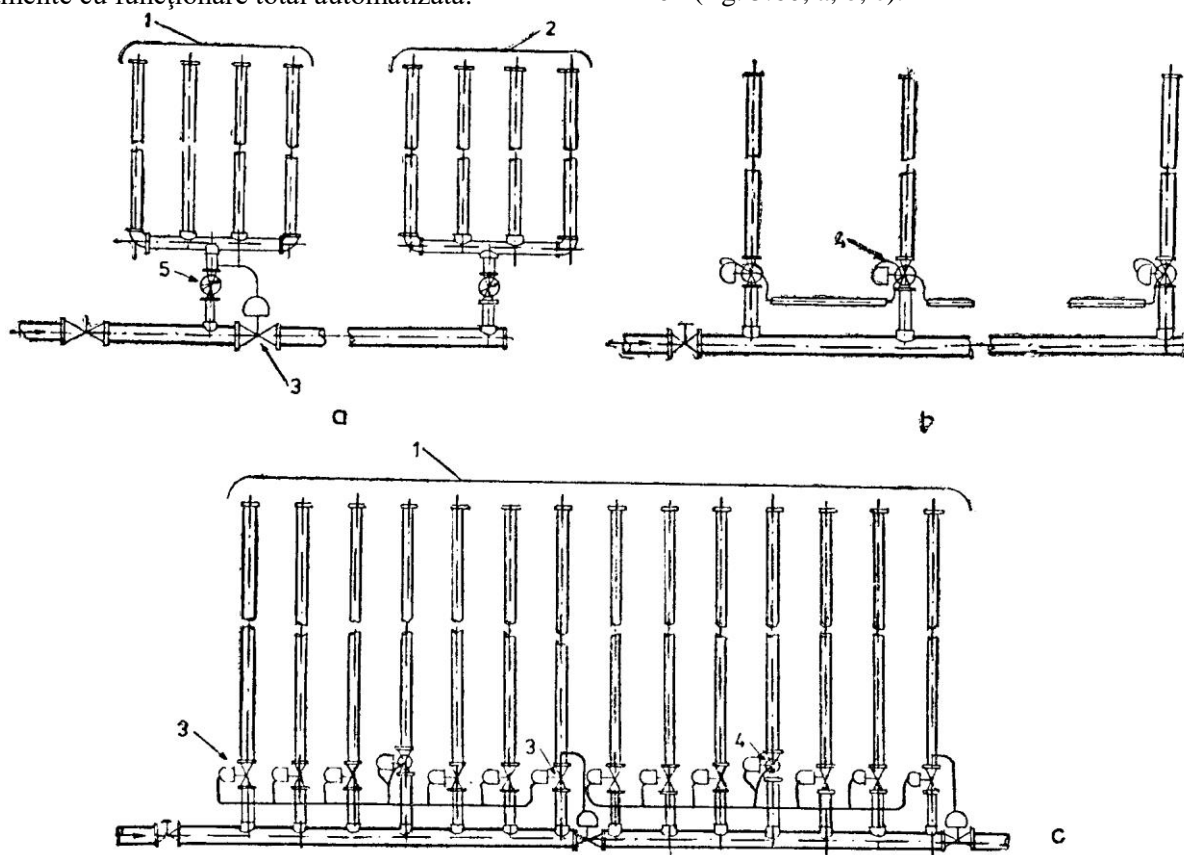
Gama de instalații pentru suprafețe mici irigate este în prezent foarte largă, ajungându-se chiar la echipamente cu funcționare total automatizată.



**Fig. 5.59.** Udarea grădinilor de zarzavat prin aspersiune (și brazde).

2. *Instalații și echipamente pentru distribuția automată a apei la parcele.* Distribuția (aplicarea) automată a apei pe parcele se face cu ajutorul unor echipamente hidraulice. Se adoptă, în acest scop, la sistemele existente sau noi o serie de vane acționate de la distanță, apa la priză având o presiune de 3 bari.

În Israel s-au aplicat cu succes trei tipuri de instalații de irigații automatizate, fabricate de firma Bermad; instalațiile se numesc „Follow-Thru” 201, 301, 401 (fig. 5.60, a, b, c).



**Fig. 5.60.** Instalația de distribuție automată a apei la parcele: a) Instalația Bermad-Follow Thru 201; b) Instalația Bermad-Follow Thru 301; c) Instalația Bermad-Follow Thru 401: 1 – laterala de serviciu; 2 – capătul lateralei de serviciu; 3 – valvă hidraulică; 4 – valvă automată de măsură Bermad 2-10”; 5 – valvă automată de măsură Bermad 1-1½”.

Principalele avantaje pe care le prezintă aceste instalații sunt: controlul permanent al irigației, prin măsurarea cantității de apă livrată, adaptabilitatea instalațiilor în funcție de sol și cultură și simplitatea funcționării.

Aceste instalații mai prezintă avantajul supravegherii tuturor operațiilor, de la început până la sfârșit și au următoarele caracteristici: puterea mică a echipamentului de pompare, economie la costul apei, reducerea activităților fizice (un om servește tot sistemul la un singur drum), utilizarea optimă a apei, scăderea tasărilor solului (se elimină mutarea conductelor), economii la capitalul investit.

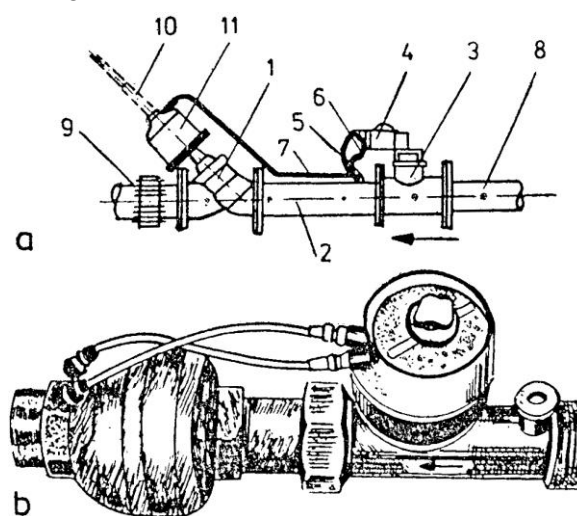
Instalația automată „Bermad-Follow-Thru – 201” (fig. 5.60, a) are conducta principală de 3” și conducta laterală de 2”. Aceasta se compune din: vana cu contor automat tip Bermad (de 1” sau 1½”), regulatorul de presiune Bermad, cu vană hidrolică instalată pe conducta liniară de transport, tubul de legătură între vana hidrolică și vana de măsură. La începutul ciclului de irigare toate vanele de măsură sunt reglate manual, pentru a lăsa să treacă cantitățile de apă „cerute”. Vanele hidrolice sunt deschise. Ciclu de irigare începe când vana de pe conducta de transport se deschide și apa curge până la prima laterală de servici unde se găsește vana de măsură. Simultan se realizează presiunea de lucru în partea superioară a cilindrului vanei hidrolice (de pe conducta flexibilă). Această presiune acționează vana, închizând-o. Când pe prima laterală de servici a trecut cantitatea predeterminată de apă, valva (vana) de măsură se închide automat. În laterala obturată, presiunea scade la zero. Se creează astfel o presiune de servici disponibilă pentru următoarea laterală. Deci curgerea apei se face secvențial de la laterală la laterală de servici, ceea ce conduce la dimensionarea conductei principale de aducțiune pentru un debit necesar funcționării unei singure laterale de servici. Cu mici modificări, sistemul „Bermad-201” poate fi folosit pentru irigarea automată și pe parcele mari, unde între laterale de servici depășește 150 m.

Instalația automată „Bermad-Follow-Thru-301” (fig. 5.60, b) folosește laterale de servici cu un diametru mai mic de 2”. Sistemul este dotat cu vană de măsură ( $D_n=2''$ ), tuburi de legătură din material plastic de 1½”. Se deschid vanele de măsură pentru volume de apă prestabilite, care urmează să treacă. Presiunea apei, la prima valvă (vană) de măsură, este transmisă prin tuburi de plastic. Funcționarea sistemului este similară cu aceea a sistemului „Bermad-201”. Instalația automată, Bermad-Follow-Thru-401” (fig. 5.60, c) se folosește pentru conducte mari cu laterale de 2” la sfârșitul sistemului.

3. *Echipamente folosite pentru sisteme de irigare automatizate hidrolic.* În prezent există în lume

mai multe firme specializate în producerea acestui echipament (exemplu: BERMADE, I.C.W.A ș.a.). Echipamentul constă în aparate de măsură și control și aparate pentru închiderea automată a conductelor.

Vanele folosite pentru închiderea automată, după trecerea unui debit prestabilit, pot fi de mai multe tipuri. Aceste vane sunt prevăzute cu un buton care se rotește pe un disc gradat până la gradația care marchează volumul de apă ce urmează să treacă prin vană. Aceste vane fac parte din seria de vane tip „Delia”. În continuare se prezintă o schemă de principiu a acestor vane (fig. 5.61, a, b).



**Fig. 5.61.** Vana de tip Delia: a) schema de funcționare; b) ansamblu: 1 – capul supapei; 2 – conducta de legătură; 3 – apometru; 4 – mecanism de control; 5 – filtru; 6-7 – conducta de curgere; 8 – conducta de intrare; 9 – conducta de ieșire; 10 – sistemul de închidere manuală mecanică; 11 – cilindrul supapei hidrolice.

Funcționarea vanei cu închidere automată se va descrie după prezentarea părților componente (ale vanei); acestea sunt: capul supapei (1), conducta de legătură (2), apometru (3), mecanism de control (4), filtru (5), conducta de curgere (6), (7), conducta de intrare (8), conducta de ieșire (9), sistemul de închidere manuală mecanică (10), cilindrul supapei hidrolice (11).

Pentru a se pune în funcțiune supapa se vor efectua următoarele operații (fig. 5.61): se rotește butonul de pe disc în direcția săgeții (săgeata vizibilă pe corpul vanei), se fixează indicatorul (acul) în dreptul diviziunii care corespunde cantității de apă ce urmează a fi livrată, se poate deschide trecerea apei prin conducta (8).

O altă variantă de vană pentru măsurarea debitului, fabricată de aceeași firmă, este vana de măsură a debitului tip „Delia”. Această vană are o schemă de funcționare asemănătoare cu cea prezentată anterior. Vana se folosește ca echipament pentru schemele de irigație cu acționare hidrolică automatizate pentru tipul de automatizare parțială (preprogramare).

Vanele de măsură a debitului cu închidere automată după trecerea unui debit preprogramat se fabrică diferențiat, în funcție de diametrul conductelor la care se montează. Presiunea minimă de lucru este de 0,5 bari.

Un alt tip de vană pentru măsurarea debitului este fabricat de firma „Bermad”, fiind din punct de vedere constructiv asemănător cu cele fabricate de firma „Nirim” ș.a.

## 2° în cazul irigației prin scurgere la suprafață pe brazde

Pentru irigarea prin brazde a parcelelor cu dimensiuni reduse, pe terenuri cu pante mici ( $2^{\circ}$ ) cultivate cu zarzavat, sau pe terenuri cu pante mari ( $1^{\circ}$ ) plantate cu pomi fructiferi, în tehnică s-au diferențiat câteva tipuri de soluții, care prezintă importanță și în cazul nostru (după H. Rebour și M. Deloye).

Fără a repeta fundamentarea teoretică a tehnicii de irigare pe brazde, mult dezvoltată și în lucrările autorilor (v. și vol. I Raționalizări în Irigații și Drenaje – 1989), vor fi prezentate numai două aspecte legate de distribuția apei pentru cele două cazuri ( $1^{\circ}$  și  $2^{\circ}$ ).

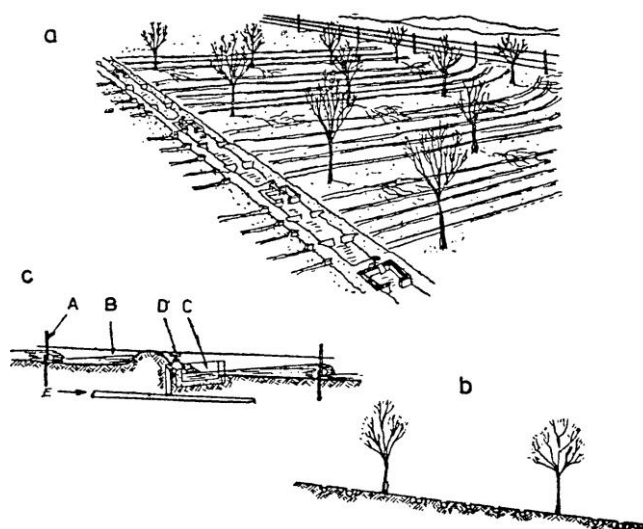
Cazurile ce se analizează se încadrează în structura generală a Rețelei de Distribuție (RD), indicată în figura 5.45, care prin intermediul bornei de irigație asigură debitul de apă și presiunea necesară aval, funcție de tehnica de irigare și udare aplicată. Astfel:

1. Pentru cazul ( $1^{\circ}$ ) udării prin brazde a plantațiilor pomicole (și viticole) cultivate pe terenuri cu pantă mare, soluția de amenajare a terenului și de distribuție a apei poate fi de tipul celei prezentată în figura 5.62, a, b, c. Prin intermediul canalului de distribuție (C) trasat pe linia de cea mai mare pantă, se face alimentarea cu apă a brazdelor (duse pe curba de nivel, printre rândurile de pomi) prin tuburi sau sifoane (v. fig. 5.69).

Pentru a se evita eroziunea, ca și pentru asigurarea nivelului de apă constant, pe canal, acesta este echipat din loc în loc cu vane (A) (v. și fig. 5.67), realizându-se astfel mici cuve (B) de alimentare a brazdelor.

În canalul de alimentare al brazdelor, apa este adusă – de la priza bornei de irigare – printr-o conductă subterană de alimentare (E), care prin intermediul robinetului (D) debitează apa în micile bazine betonate (C), pentru evitarea eroziunii.

Când vanele (A) barează transversal un canal ce are pantă pronunțată, relația de cote între vane succesive trebuie să asigure biefarea astfel ca baza vanei amonte să fie la nivelul crestei vanei vecine situată aval; practic nu trebuie să se depășească căderea de 0,60 m.



**Fig. 5.62.** Tehnica irigației pe brazde a terenurilor cu pante mari cu alimentare din canale și conducte cu presiune:

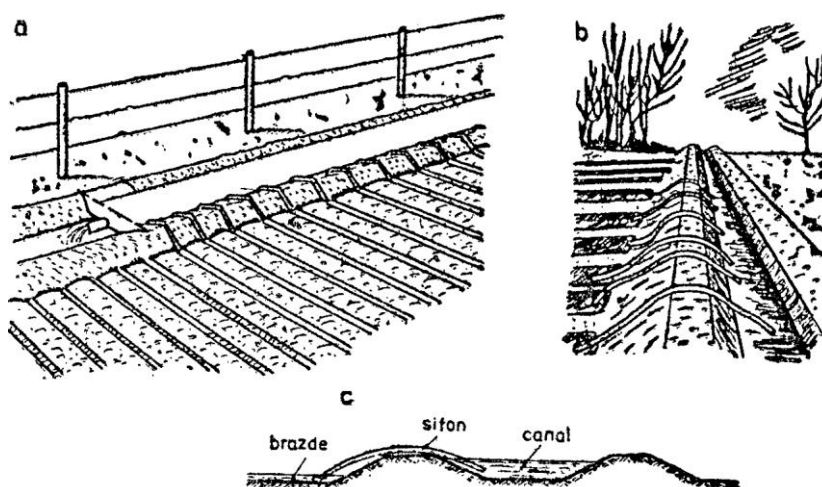
a) plantație irigată prin brazde de contur alimentate din canal în pantă; b) secțiune transversală prin brazde; c) secțiune longitudinală prin canalul de alimentare a brazdelor; A – stavilă realizând nivel constant; B – cuvă de alimentare a brazdelor; C – mic rezervor betonat prevenind eroziunea; D – robinet; E – tub subteran de alimentare.

Pentru a se obține un debit controlat într-un element de irigare dat, intervin două tipuri de accesorii de distribuție:

- vana reglabilă care asigură o înălțime de apă definită și constantă în canalul de distribuție (v. fig. 5.62 c);

- vanete de asemenea reglabile, care asigură derivarea unui anumit debit și prin care se face legătura canalului de distribuție cu elementul de udare.

În figura 5.63, a, b și în tabelul 5.16 se prezintă schematic distribuția apei din canal în brazde, cu evidențierea barării, amplasării sifoanelor, diferenței de

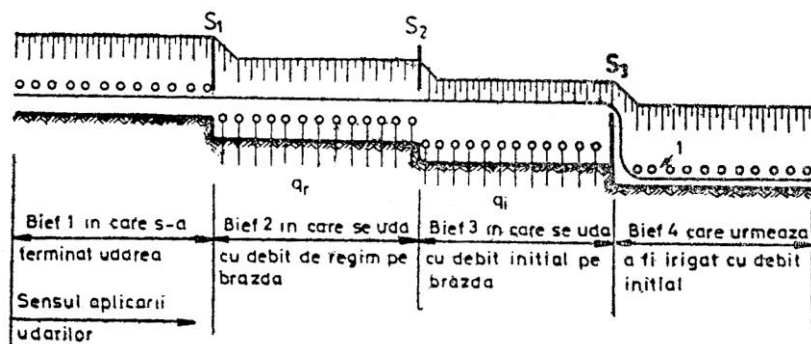


**Fig. 5.63.** Alimentarea brazdelor cu ajutorul sifoanelor: a) perspectivă; b) vedere; c) secțiune.

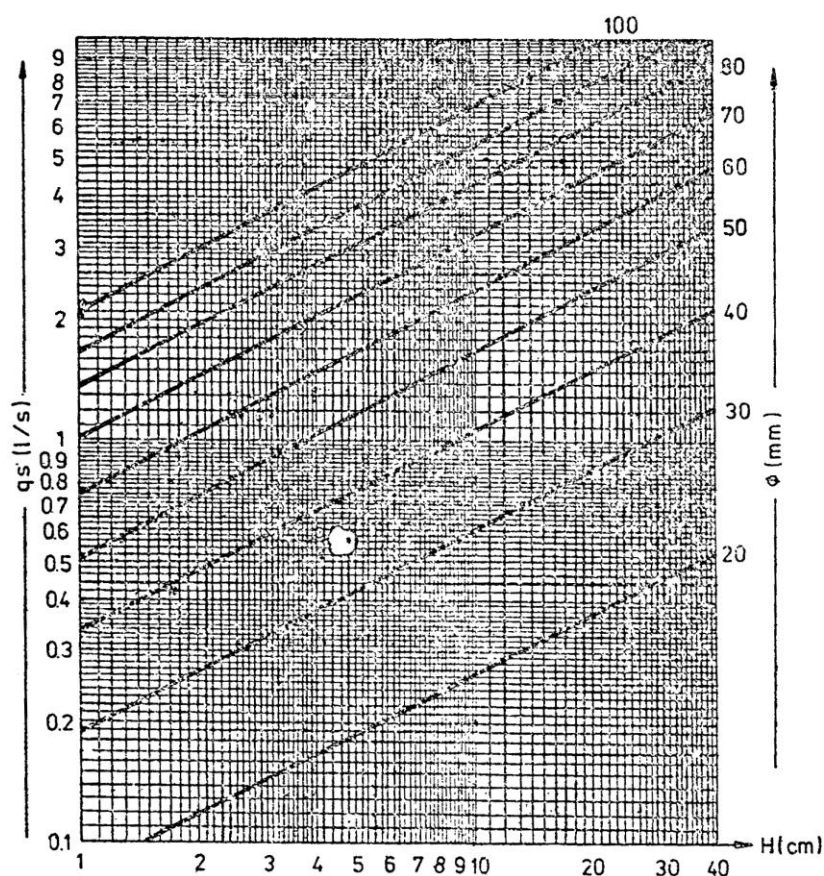
cotă între nivelul apei din canal și cel din brazdă, precum și debitul sifoanelor.

**Tabelul 5.16.** Debit teoretic al sifoanelor, în  $\text{m}^3/\text{h}$

Diferența de nivel (în cm)	Diametrul sifonului, în mm							
	5	9	14	20	26	32	35	50
100	0,31	1,00	2,40	4,90	8,28	12,50	15,0	30,7
50	0,22	0,69	1,70	3,48	5,85	8,75	10,6	21,7
25	0,15	0,49	1,20	2,46	4,14	6,28	7,5	15,3
20	0,14	0,47	1,13	2,32	3,90	5,92	7,0	14,3
15	0,12	0,38	0,93	1,90	3,20	4,84	5,8	11,8
10	0,09	0,31	0,75	1,56	2,61	3,96	4,6	9,4
5	0,07	0,22	0,54	1,10	1,85	2,80	3,3	6,7



**Fig. 5.64.** Uderea pe brazde cu tuburi pe canal sectorizat:  $S_1, S_2, S_3$  – stăvilare de cauciuc pânzat; 1 – tuburi.



**Fig. 5.65.** Nomogramă de calcul al debitului sifoanelor și tuburilor de udare pe brazde.

Tot pentru cazul 1\*, canalul de distribuție cu pantă mare este consolidat (betonat), este construit în trepte (fig. 5.64), este sectorizat prin stăvilare ( $S_3, S_2, S_1$ ), asigurând presiunile necesare la tuburile de alimentare a brazdelor (fig. 5.65).

Tuburile se folosesc frecvent în canalele cu pante mari sectorizate, adică canale supraterane (cu tuburi fixe pentru fiecare brazdă) și pe care se realizează biefurile prin stăvilare, ce pot fi și din cauciuc pânzat.

În figura 5.64 se poate vedea că stăvilarul închis ( $S_3$ ) realizează, prin lama dever-santă, o reținere în amonte ce asigură în bieful 3 udarea pe brazde cu debitul inițial ( $q_i$ ), iar în bieful 2 udarea se face cu debitul de regim ( $q_r$ ). Duratale de alimentare a brazdelor cu cele două debite ( $q_i$  și  $q_r$ ) trebuie proiectate egal ( $t_1 = t_2$ ).

Bieful 4 care urmează a intra în funcțiune cu debitul inițial se va alimenta din momentul în care se va închide stăvilarul  $S_4$  și se va ridica complet stăvilarul  $S_3$ .

Calculul hidraulic al acestui canal trebuie elaborat în regim neuniform cu masă variabilă (v. cap. 7), stabilind corect cota de pozare a tuburilor de alimentare a brazdelor.

2. Pentru cazul (2\*) udării pe brazde a terenurilor cu pante reduse, soluția de amenajare (a terenului) și de distribuție a apei poate fi de tipul celei prezentată în figurile 5.66 și 5.67 (după H. Rebour și M. Deloye), care de fapt nu diferă prea mult de soluțiile folosite în prezent în țară, cu distribuția apei prin tuburi EUBA și din cauciuc butil.

În figura 5.66 se vede dispoziția canalelor și vanelor pentru udarea prin brazde.

Debitul și regimul de funcționare al canalului de distribuție se realizează prin vanele A, B, C. În D, E, F vanele permit reglarea nivelului apei în canalele de udare secundare H, I, J, iar prin tuburile K se asigură alimentarea individuală a brazdelor.

Reglarea în timpul irigației se realizează numai prin vanele D, E, F, se pot totuși folosi și tuburi (K), cu debit reglabil.

Mecanizarea muncilor agricole se realizează fără afectarea canalului de distribuție echipat cu vanele D, E, F; canalele secundare (cs) pot fi refăcute cu ușurință după fiecare serie de lucrări.

Tot pentru cazul 2\*, soluția prezentată în figura 5.67 permite evitarea demolării canalelor în terasament.

Irigarea brazdelor realizându-se prin tuburi cu orificii (gen EUBA), demontarea și remontarea acestor tuburi făcându-se cu ușurință, nu apar impedimente în calea lucrărilor agricole mecanizate.

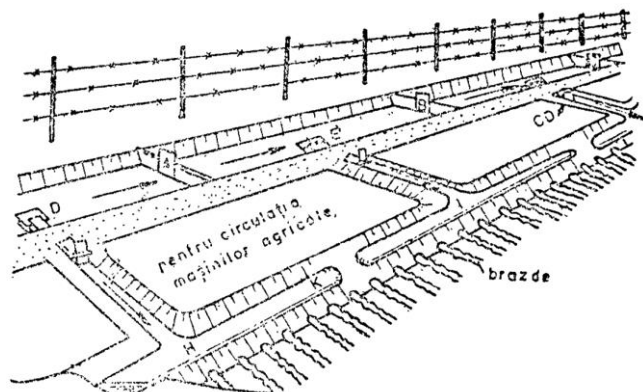


Fig. 5.66. Dispoziția canalelor și brazdelor pentru udarea pe brazde.

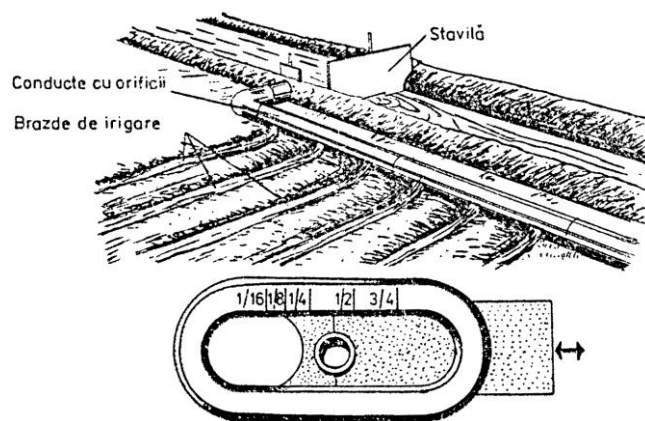


Fig. 5.67. Irigații pe brazde cu ajutorul conductelor cu orificii și vanete reglabile.

### 3° Irigația localizată – prin picurare și rampe perforate

Tehnică adaptabilă și chiar specifică terenurilor parcelate, cu plantații (pomi și vie) și în pantă a fost prezentată în cap. 1, vol. I „Raționalizări în Irigații și Drenaje”.

# **CORELAREA PROBLEMELOR DE IRIGAȚII ȘI DRENAJE CU CELE DE REGULARIZĂRI DE RÂURI, NAVIGAȚIE INTERIOARĂ ȘI HIDROENERGIE, ÎN CADRUL PLANURILOR DE AMENAJARE HIDROTEHNICĂ. STUDII ȘI TEHNICI**

Programele naționale de irigații și drenaje vizează concepții și soluții diferite de cele din trecut, când apa captată dintr-un râu, adesea prin pompare, era transportată pentru un singur obiectiv, de exemplu pentru „irigarea terenurilor”. În noua concepție, noile soluții prevăd amenajări cu folosințe complexe. Astfel:

- Canalul magistral Siret pentru irigarea Bărăganului de NE are în prima fază rol dublu: irigații și hidroenergie.

- Canalul magistral Dunăre – Marea Neagră, cu dublu rol prioritar în faza I: navigație și irigații, va asigura în a doua fază și cerințele de apă (alimentare-evacuare) ale centralei atomo-electrice Cernavodă.

După cum s-a prezentat pe larg în lucrarea „Scheme hidrotehnice complexe” (V. Blidaru – Editura Tehnică, 1986), exemplele oferite de tehnica mondială sunt concludente din acest punct de vedere:

- Complexul de irigații „Baipaza – Vach” (Tadjikistan) are rol dublu prioritar „irigații și hidroenergie”,

- Complexul de irigații „Ling-Xian – Steagul Roșu” (China) are triplu rol – „irigații, alimentări cu apă și hidroenergie”,

- Complexul „Plovdiv – Bazargic” (Bulgaria) are rol dublu prioritar, „hidroenergie – irigații”,

- Complexele hidroenergetice „Rhôn” – „Durançe” – „Provençe” (Franța) au triplu rol, „energie – navigație – irigații și drenaje”,

- Complexul „Saoșan” (China) are rol dublu prioritar, „irigații și navigație interioară”,

- Complexul „Volga – Don” (fosta U.R.S.S.) are triplu rol, „energie – navigație – irigații”.

În scopul asigurării unei documentări interdisciplinare „irigații – regularizări – navigație – energie”, în acest capitol vor fi prezentate succint cele mai reprezentative probleme de studii, cercetări, soluții și tehnologii ale domeniului, în care tehnica română și mondială înscriu rezolvări de vârf.

## **6.1. PROBLEME DE REGULARIZĂRI DE RÂURI ȘI NAVIGAȚIE INTERIOARĂ, CORELATE CU AMENAJĂRILE HIDRAULICO-AGRARE. STUDII ȘI TEHNICI**

### **6.1.1. STUDII PENTRU PLANURI DE AMENAJARE**

Planurile de amenajări se bazează pe studii ample de teren și laborator, legate de: cunoașterea bazinului, a resurselor de apă, a propagării viiturilor, a scurgerilor torențiale – noroi, avalanșe, a calității apelor, a deteriorării retențiilor ș.a.; ca și de comportare a diverselor soluții și măsuri de: protecția malurilor, a albiei, a lucrărilor de amenajare și regularizare a râurilor, de traversare a căilor de comunicații, de navigație interioară, de prize de apă și centre de evacuare, de amenajări hidro-energetice ș.a.

*Studiile de bazin* conduc la precizarea cantităților de apă disponibilă, la definirea celor mai corespunzătoare utilizări, la fixarea măsurilor și mijloacelor de punere în operă, la prevederea consecințelor ce decurg din „Schema de bazin”, la estimarea costurilor în ansamblu, la planificarea soluției.

*Resursele de apă*, a căror definire constituie una din importante faze ale studiului de bazin, se cercetează pe faze succesive din punct de vedere cantitativ, al disponibilului și al calității pentru a putea fundamenta soluția schemei de amenajare. Măsurătorile, sondajele și analizele trebuie completate prin modele matematice, atât pentru sursele de suprafață, cât și pentru cele subterane. Corecta evaluare a resurselor disponibile constituie prima condiție a reușitei lucrărilor hidrotehnice.

*Propagarea viiturilor* – fenomen natural contra căruia omul este adesea puțin protejat, dar pentru a căruia stăpânire a luptat mult, sub diverse forme, atât prin mijloace pasive (sistem de anunțare, de prevedere a riscurilor ș.a.), cât și prin mijloace active (baraje de viitură, îndiguiri, lucrări de apărare și ameliorare a solurilor ș.a.), constituie una din preocupările de studiu și de lucrări pentru sectorul hidrotehnic. Numai complexul de studii pe planuri, pe teren, pe modelele fizice și modelele matematice, permit de a cuprinde în ansamblu râul și bazinul său versant, cu interacțiunea tuturor factorilor ce determină scurgerea viiturii și deci permit de a fixa soluțiile de amenajare corespunzătoare.

*Scurgerile torențiale de noroi și avalanșe*, care pot aduce grave prejudicii unor întinse zone, populației, industriei și altor centre agro-economice vor fi cu precizie identificate ca întindere – amploare – intensitate și pagube, împreună cu cauzele ce le generează, pentru că numai astfel se pot fixa soluțiile de amenajare a râurilor.

*Deteriorarea acumulărilor*, cu reducerea rapidă într-o serie de cazuri a volumului util, prin colmatare, constituie una din problemele de bază ale exploatarei acestor amenajări, construite în număr mare în diverse țări și având rol complex: producerea de energie, irigații, alimentare cu apă potabilă.

La proiectarea acestor lucrări este necesar să se țină seamă de cauzele ce produc antrenarea materialului solid, rezultat din eroziunea solului, ca și din albia râului și să se stabilească cu atenție măsurile de protecție ca și cele de exploatare a uvrajelor.

Problemele capătă o amploare deosebită în zonele aride, cu terenuri defrișate, unde eroziunea solului este mai rapidă și unde cerințele de irigații sunt mai intense.

### 6.1.2. STUDII. CERCETĂRI PENTRU AMENAJAREA CURSURILOR DE APĂ ȘI PROTECȚIA MALURILOR ȘI A CONSTRUCȚIILOR

Amenajarea cursurilor de apă se face în baza unor studii ample care definesc evoluția acestora, cunoscându-se faptul că orice amenajare și lucrare are consecințe, imediate sau cu o anumită întârziere, în modificarea patului și a condițiilor de scurgere.

Deci, înaintea oricărei amenajări, care modifică caracteristicile fizice ale unui fluviu, râu sau torent, este necesar să se întreprindă studii pe modele reduse.

Asemenea studii sunt nece-

sare pentru fixarea soluțiilor de regularizare și navigabilizarea unui curs de apă și pentru traversarea unor căi de comunicație și pentru prizele de apă sau descărcarea afluentului, pentru calitatea apelor, pentru energie etc.

Cercetările se întreprind atât pe modele de ansamblu, cât și pe detalii, pentru anumite precizări. Astfel pentru stabilirea profilului tip al unui prag din anrocamente, adoptat în regularizarea fluviului Rhôn s-a întreprins un studiu într-un canal vitrat la scara 1/25 (fig. 6.1), iar pentru soluția retenției, pentru același palier (D'Arles) studiul s-a referit la întreg ansamblul, la scara 1/100.

#### 1° Studii hidraulice ale lucrărilor hidrotehnice

Numărul și diversitatea extrem de mare a uvrajelor de prize de apă din râuri sau din marile acumulări – baraje rezervoare, ca și pentru regularizarea râurilor, ridică în fața proiectantului și cercetătorului o serie de dificultăți legate de alegerea celor mai bune, sigure și economice soluții, cu funcționare corectă în exploatare.

La adoptarea soluțiilor acestor uvraje se acordă atenție corespunzătoare și tehnologiei de execuție a acestora.

Studiile se execută, în special, pe modele reduse, în scopuri diverse, ca de exemplu pentru stabilirea soluției unei derivații provizorii, a unor evacuatori de viituri sau chiar a uvrajelor pentru alimentarea și evacuarea apei de la turbinele centralei.

Problemele importante de hidraulica uvrajelor se ridică și la traversarea cursurilor de apă de către căile de comunicații terestre; sunt de reținut aspecte legate de:

- agravarea proceselor de inundare, prin reducerea secțiunilor de scurgere și a zonelor de revărsare;
- apariția și acceptarea fenomenelor de eroziune a malurilor;
- modificarea regimului scurgerilor subterane, când rambleele căilor de comunicații modifică scurgerile superficiale;
- modificarea profilului longitudinal al râurilor în urma extracției materialelor de construcție (nisip, balast), a rambleelor liniilor rutiere sau feroviare.

În figura 6.2 se dă fotografia modelului redus (Sc = 1/50) al podului de pe Oued Soummam – Algeria,

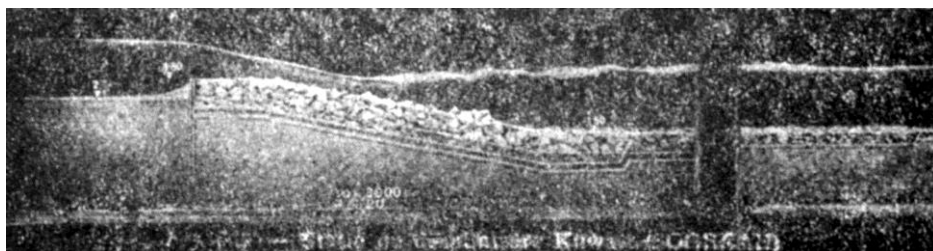


Fig. 6.1. Studiul pragului pe palierul D'Arles.



model realizat pentru stabilirea caracteristicilor hidraulice și a stabilității uvrajelor.

Podul, cu o deschidere redusă, a barat o parte din albia majoră, antrenând atacarea culeelor și afuierea pilelor. Soluția finală a fost adoptată în faza cercetărilor pe modele.



**Fig. 6.2.** Modelul redus al podului de pe Oued Soummam – Algeria.

## 2° Prize de apă și centre de evacuare-descărcare

Un loc important în hidraulica uvrajelor la râuri îl ocupă prizele de apă și centrele de evacuare-descărcare, de a căror corectă funcționare depinde eficacitatea amenajărilor hidraulico-agrar, urbane și industriale.

Probleme esențiale în fixarea soluțiilor acestor uvraje sunt legate de amplasamentul acestora față de firul apei și concepția dispozitivelor, care asigură calitatea și permanența debitului, precum și prevenirea poluării râului.

Obiectul studiilor de laborator pentru prizele de apă se referă la alegerea amplasamentului re râu, astfel ca să asigure alimentarea normală la etiaj și evitarea pătrunderii aluviunilor sau a corpurilor plutitoare la ape mari și viituri.

Un astfel de studiu a fost întreprins pentru priza canalului de aducțiune a marelui complex de irigații Bas Rhône Languedoc (fig. 6.3).

Studiul pe model redus al acestui centru de priză din fluviul Rhôn a condus la amenajarea unui bazin de decantare chiar în albia majoră, între albia minoră și uvrajele de priză-reglare și control, instalate la dreapta digului principal.

Soluția uvrajelor a fost pusă la punct tot cu ajutorul unui model redus cu fund mobil.

În alte cazuri soluțiile sunt fixate cu sau fără lucrări de barare în râu. În soluția fără uvraje de barare, amplasamentul prizei pe râu are un rol esențial în soluția cu uvraje transversale pe râu, rolul amplasamen-

tului prizei poate deveni secundar, căci pragurile și barajele mobile permit dirijarea scurgerilor în regimul dorit, precum și descărcarea debitului solid.

În cazul centrelor de evacuare-descărcare, rolul important revine alegerii amplasamentului în raport cu curenții secundari, care influențează efluentul după componența acestuia, fiind vorba de materii în soluție, suspensie, flotanți sau târâți pe fund.

Cunoașterea exactă a acestor aspecte conduce la fixarea unor soluții care să evite poluarea râurilor. Toate aceste probleme se rezolvă prin studii și experimentări pe modele.



**Fig. 6.3.** Modelul redus al prizei canalului Bas Rhône – Languedoc – Complexul de irigații.

## 3° Scurgerile torențiale de noroi și avalanșe

Acestea produc mari prejudicii distrugerii de bunuri materiale, constituie un domeniu destul de greu de soluționat, pentru care tehnica modernă a modelării și simulării scurgerilor naturale (de noroi și zăpadă) devine indispensabilă.

În figura 6.4 se arată modelul redus, reprezentând fenomenul curgerii torențiale pe torentul Ravoire (care se varsă în l'Arc), pentru găsirea soluției de protejare a localității Pontamafrey – Franța (SOGREAH).



**Fig. 6.4.** Modelul redus al curgerii torențiale pe torentul Ravoire – L'Arc.

Pe măsură ce se dezvoltă într-o zonă cu scurgeri torențiale centrele agricole, industriale, urbane și căi de comunicații, procesul de torențialitate se poate amplifica, iar măsurile de protecție se stabilesc astfel încât să evite orice pericol.

Cunoașterea cauzelor și intensității curgerilor torențiale care transportă periodic noroi, blocuri de piatră, ghețuri, zăpadă, cu estimarea pagubelor, reprezintă deci baza studierii soluțiilor pe modele fizice.

#### 4° Colmatarea și deteriorarea acumulărilor

Reprezintă o altă grupă de probleme la care studiul pe modele reduse, ca și la scară naturală pe bazine mici, pot aduce importante contribuții în lupta contra reducerii capacității utile a rezervoarelor prin colmatare.

Îndeosebi în zonele unde procesele de eroziune pe solurile în pantă sunt rapide, măsurile de stăvilire a acestor fenomene sunt complexe.

Un studiu interesant s-a desfășurat (1979-1989) într-un perimetru experimental din zona pomicolă a dealurilor subcarpatice ale țării noastre în b.h. Dâmbovița, subbazinul Valea Largă,  $S = 30 \text{ km}^2$  (fig. 6.5; 6.6; 6.7), cu rolul de a se studia căile de consolidare a versanților alunecători, de a se opri procesele de eroziune pe versant și în albie, cu efectul acestora asupra formării scurgerii lichide și solide în albie, precum și fenomenul colmatării barajelor.

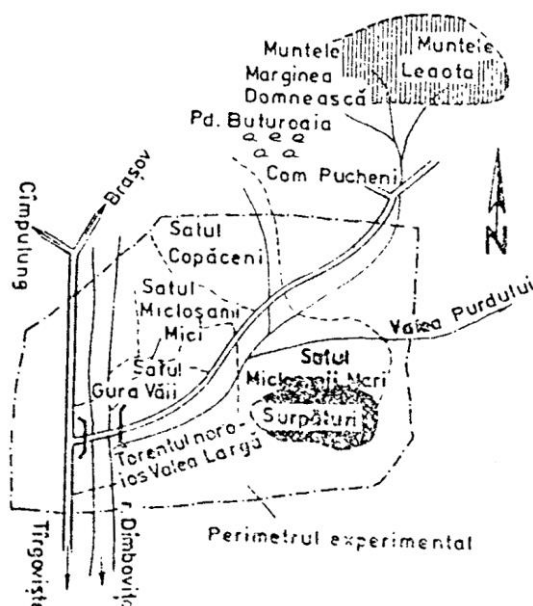


Fig. 6.5. Zone de alunecări în sbh Valea Largă – Malu cu Flori: zona perimetrului experimental „Valea Largă – Dâmbovița”.

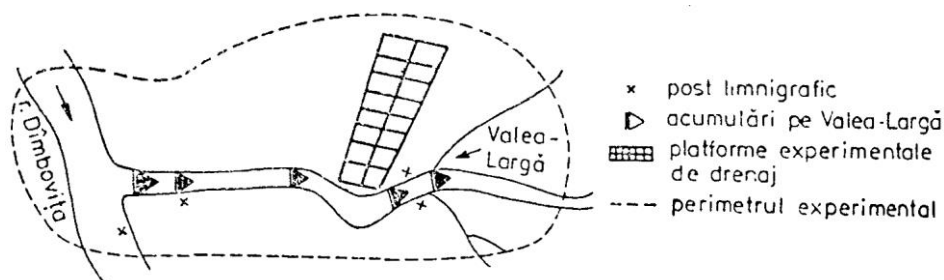


Fig. 6.6. Perimetrul experimental Valea Largă – Dâmbovița, pentru studiul formării scurgerii lichide și solide, pentru consolidarea prin drenaje a terenurilor alunecătoare și pentru studierea proceselor de colmatare a retențiilor.

Acest perimetru experimental se încadrează în teritoriul comunei Malu cu Flori, comună așezată în valea Dâmboviței și pe pârâul afluent Valea Largă, la limita de nord-vest a județului Dâmbovița, la o altitudine medie de 600 m.

Face parte din unitatea geomorfologică a Subcarpaților interni ai Ialomiței (subunitatea „Râul Alb – Valea Largă”), o zonă de muscele (munți joși, local numiți „muscele”) cu înălțimi medii între 700-800 m (Dealul Comani în nord, 854 m și Dealul Florii în sud), cu o energie a văilor între 300-400 m și cu pante foarte mari.

Substratul geologic aparține unor „pintenți” de fliș paleogen (în facies de „Sotriile”, de vârstă eocenă) alcătuit din alternanțe de gresii, conglomerate, marne și argile, cu bogate pânze de apă subterană ce determină alunecări de mare amploare.

Stratele geologice sunt cutate sub formă de cute anticlinale și sinclinale. Axul unui sinclinal trece, pe direcția V – E, chiar prin localitatea Malu cu Flori ce se continuă pe Valea Largă spre est, zonă puternic afectată de alunecări (fig. 6.5).

Alte două anticlinale încadrează teritoriul comunei la N și S, pe aceeași direcție. Tot prin această zonă, pe direcția N – S, se găsește o importantă linie de falie de fundament cunoscut în literatura geologică sub numele de „Falia Dâmboviței”.

Din punct de vedere seismic teritoriul comunei se încadrează într-o zonă cu mari amplitudini seismice între 7,5° și 8° din scara Richter.

La acestea adăugăm că ne găsim într-o zonă a pădurilor de fag, în parte defrișate și în care cad anual între 800-900 mm precipitații, clar în ultimii ani depășesc aceste valori.

Alunecările din această zonă, care sunt active și care s-au manifestat și în 1978, întrunesc caracteristicile ambelor tipuri, atât deplasiv cât și detrusiv, provocând mari deplasări de teren și producând mari pagube.

Primele alunecări, afectate și de prăbușiri profunde (peste 15-20 m) au început în 1921 (pe versantul

stâng, cu expoziție nordică), pentru ca la un interval de 20 ani (18 mai 1941), să se repete fenomenul de mari proporții, dar pe versantul de vizavi, cu expoziție sudică (versantul drept).

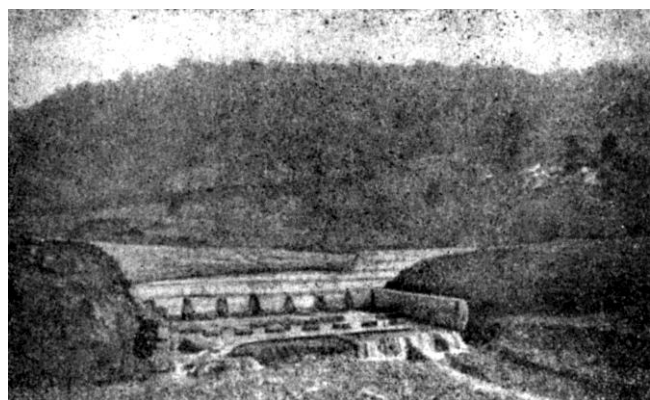
Peste 13 ani fenomenul s-a repetat (începând din noiembrie 1954 și continuând până la 7 martie 1955, când în timpul nopții s-a prăbușit versantul drept al Văii Largi pe o lungime de 2 km și o lățime de 2,5 km, formându-se și aproximativ 60 lacuri mici pe versant). Atunci s-a dărâmat și o parte din satul Copăcenii, situat pe versantul drept al Văii Largi, versant care a început să alunece în 1941.

În 1978 s-a produs o nouă alunecare, de data aceasta într-o altă secțiune a comunei Malu cu Flori (Valea Tunului), pe versantul drept al R. Dâmbovița. Alunecările au provocat și un mare dezechilibru hidrografic în sbh. Valea Largă și în zona de confluență cu R. Dâmbovița.

Multe din fenomenele specifice eroziunilor, alunecărilor, colmatărilor, dezechilibrelor hidrografice ce au loc în întreaga zonă subcarpatică (de la Trotuș și Olt), fiind întâlnite în sbh Valea Largă – Dâmbovița (perimetrul com. Malu cu Flori), s-a organizat perimetrul experimental de hidroameliorații și gospodărirea apelor.

Între Facultatea de Hidrotehnică (Catedra de Hidraulică și Hidroameliorații) a Inst. Politehnic Iași, Departamentul de Îmbunătățiri Funciare și Comitetul Național al Apelor s-a fixat o bună colaborare pentru realizarea și dotarea acestui perimetru experimental, cu o problemă foarte complexă pentru:

- studiul formării scurgerii (lichidă și solidă) pe versant;
- studiul proceselor de colmatare în albie (Valea Largă și R. Dâmbovița) și în acumularea proiectată din aval (pe R. Dâmbovița);
- drenarea versantului alunecător;
- studiul efectului și comportării diverselor genuri de soluții de lucrări și intervenții: hidrotehnice și hidroameliorative, silvice, agricole ș.a.;



**Fig. 6.7.** Baraj pe Valea Largă, la baza platformelor experimentale de drenaj.

Perimetrul experimental cuprinde (fig. 6.6):

- tronsonul de confluență R. Dâmbovița;
- tronsonul echipat cu baraje (6 buc.) Valea Largă (fig. 6.7);
- torenții adiacenți (amenajați sau nu);
- câmpul experimental de drenaj (3 platforme), pe versantul alunecat;
- platforme și posturi hidro-meteo.

### 5° Regularizarea cursurilor de apă

În scopul controlării și stăpânirii neajunsurilor – pagubelor produse de râuri și fluvii, mediului, populației, prin regimul instabil al acestora sunt necesare studii, la care, pentru cele mai sigure soluții, se recurge la modele fizice și modele matematice, asociate cu analize și studii pe teren, pe planuri.

Cunoașterea cauzelor ce produc prejudicii zonelor adiacente sunt indispensabile formulării tematicii experimentale. Cel mai frecvent, pagubele sunt consecințe ale: inundațiilor catastrofale; evoluției rapide a profilului longitudinal sau a traseului în plan; traseelor în plan greu adaptabile planurilor de dezvoltare; vitezei necorespunzătoare a apei pentru navigație.

Pentru fiecare curs de apă sunt necesare soluții de amenajare și corectare adaptate problemelor specifice respective.

Cursurile de apă pot ridica probleme atât riveranilor prin traseul neregulat, cât și navigatorilor, prin insuficiența condițiilor de navigație – adâncime, secțiuni, pante – viteze. Aceste situații conduc adesea la tăierea meandrelor, deplasarea patului, efectuarea de dragaje cu scopul de a se asigura condiții mai bune de curgere și navigație.

Aprecierea corectă a consecințelor acestor corectări de albie nu se poate face însă fără studii aprofundate.

Cercetările pe modele reduse, cu fund mobil, în general, permit să se precizeze cel mai indicat traseu, evoluția și consecințele, uvrajele necesare de a se realiza pentru asigurarea unei funcționări corecte permanente. După lungimea și caracteristicile cursului de apă se poate selecționa unul sau mai multe tronsoane tip pentru care se va efectua studiul pe model redus, în scopul fixării soluțiilor de adoptat – în principiu pentru ansamblul cursului și în particular pentru fiecare tip de tronson.

În figura 6.8 se dă (SOGREAH) fotografia modelului redus pentru studiul derivării râului Turia – Spania la sud de Valencia.

În tehnica regularizărilor de albie situația din zona Valencia se putea rezolva în două moduri: fie prin derivarea totală a râului, folosind o nouă albie, fie prin derivarea parțială, în scopul protejării unei anumite zone sau localități.

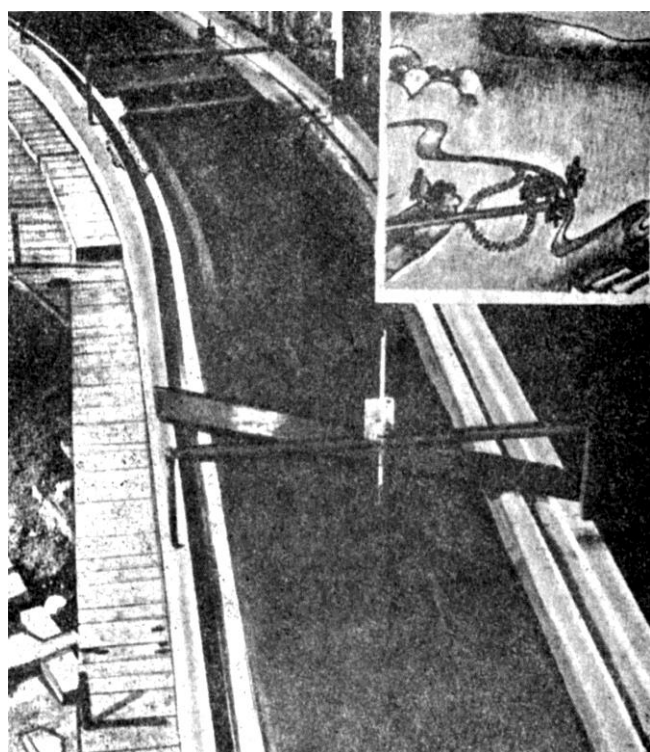


Fig. 6.8. Model redus al derivației R. Turia – Valencia.

Studiul pe model a condus la derivarea printr-o nouă albie a R. Turia  $Q = 5.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , pe la sud de localitatea Valencia, pentru a o proteja de inundații. În figura 6.9 se vede – panoramic – amenajarea realizată.

În alte situații, protecția contra inundațiilor se face în soluția clasică a digurilor de apărare, a consolidării malurilor sau chiar a acumulărilor cu rol de protecție, permanente sau temporare, în funcție de importanța obiectivului de apărat, de condițiile de extindere a acestuia, de spațiul disponibil, de gradul de inundabilitate etc.



Fig. 6.9. Protecția localității Valencia prin derivarea R. Turia.

Așezările urbane, în continuă dezvoltare, care sunt străbătute de cursuri de apă, exercită efecte restrictive asupra acestora, prin restrângerea permanentă a albiei majore și chiar a albiei minore. Amenajările ce se impun urmăresc să asigure, în cazul secțiunilor reduse, noi condiții de curgere, chiar pentru trecerea viiturilor, fără a se aduce prejudicii riveranilor.

Cercetările pe modele reduse permit proiectantului să pună în evidență consecințele amenajărilor și să fixeze soluțiile pentru: limitarea revărsărilor prin îndiguiri, protecția digurilor, malurilor, pilelor sau radierului la poduri.

O atenție deosebită trebuie acordată măsurilor de protecție a pilelor și culeelor la poduri, care sunt adesea afuiate prin măsurile ulterioare de regularizare a albiei, ce antrenează creșterea vitezelor și a fenomenelor de afuiere la viituri.

### 6.1.3. STUDII, CERCETĂRI PENTRU TRANSPORTURI PE APĂ (NAVIGAȚIE INTERIOARĂ) PE CANALE MAGISTRALE DE IRIGAȚII-NAVIGAȚIE

Întrucât specialiștii în irigații, regularizări de râuri și navigație (îndeosebi pe canalele magistrale) cooperează în realizarea marilor complexe gen „Canal magistral de irigație Siret – Bărăgan”, în special la nivel de proiectare, se vor prezenta în continuare noțiunile (minime) și obiectivele interdisciplinare „irigații – navigație”.

Cursurile mari de apă (râuri, fluvii), canalele magistrale de irigații și desecări și mările, au avut și au un rol esențial în viața oamenilor:

- oferă imense resurse necesare vieții;
- favorizează contactele și schimburile între centre economice, zone industriale și agricole, și între popoare cu caracter uman și economic.

Râurile, prin vasta rețea ramificată pe întreg globul, deși au o situație privilegiată pentru comunicații, nu întrunesc adesea condițiile proprii acestui scop, din punct de vedere al regimului hidrologic, al adâncimii, al regimului de curgere. Pentru navigație sunt necesare amenajări, care fundamentează pe studii pe modele fizice și modele matematice, care se referă la ansamblul echipamentului de navigație interioară: canale, ecluze, amenajări în curent liber, instalații portuare.

#### 1° Pentru canale

Sunt de studiat:

- traseul în funcție de restricțiile hidrologice, geografice și geologice;
- dimensiunile optime funcție de caracteristicile convoaielor, adâncimi, raze de curbă, curenți de aer;

- tipurile de diguri, etanșeitate, proiecția contra valurilor, nivelul freatic;
- sistemul de exploatare și întreținere a canalelor și uvrajelor anexe;
- sistemul de alimentare cu apă.

## 2° Pentru ecluze

Se studiază:

- condițiile de manevrare a vaselor în apropierea altor uvraje – uzine, baraje ș.a.;
- stabilirea planului de apă în ecluză, prin alegerea dispozitivului de umplere-golire cel mai indicat înălțimii de cădere și duratei, fixată prin ciclul de ecluzare;
- evitarea valurilor în canale prin manevrări și uvraje adecvate;
- adoptarea organelor mobile și îndeosebi porțile cele mai corespunzătoare (curbe, cilindrice, plane, ridicătoare, coborâtoare sau cu retragere, laterală în bazoaiere), potrivit configurației uvrajelor și condițiilor de înălțime;
- asigurarea coordonării manevrării tuturor organelor ecluzei: vane de alimentare și golire, porțile amonte și aval, organele de protecție contra șocului navelor;
- simultaneitatea funcționării uvrajelor energetice cu navigația.

Hidroproiect Moscova a elaborat ample studii pe modele pentru ecluzele Canalelor Volga – Don și Moscova, iar ICH, ISPH București și I.P. Timișoara pentru Canalul Dunăre – Marea Neagră.

## 3° Pentru amenajări de navigație pe râuri, în curent liber

În acest caz se studiază:

- concentrarea scurgerii pentru a permite și autocurățirea șenalului navigabil;
- tipurile de lucrări – uvraje necesar a se amplasa în albia minoră și eventual îndiguirea albiei majore, pentru a se obține ameliorarea regimului de scurgere, astfel ca traficul să întâmpine rezistență minimă.

## 4° Pentru instalații portuare

Integrate în planul de amenajare teritorial, se întreprind studii:

- economice de implantare și dezvoltare a zonelor portuare, industriale și agroindustriale;
- tehnice și tehnologice pentru realizarea acestor obiective;
- pentru punerea la punct a metodelor de gestiune administrativă; comercială, financiară și de exploatarea instalațiilor.

## 6.1.4. STUDII PENTRU REALIZAREA UNUI CANAL MAGISTRAL CU ROL TRIPLU PRIORITAR: NAVIGAȚIE, IRIGAȚII, ALIMENTĂRI CU APĂ ÎN SCOP ENERGETIC „CANAL DUNĂRE – MAREA NEAGRĂ” (CD – MN). EXEMPLU

Canalul Dunăre – Mare reprezintă materializarea în concepții și soluții moderne a unor vechi preocupări ale specialiștilor secolului trecut (Ion Ionescu de la Brad) și a celor din primele decenii ale secolului nostru (Pompiliu Nicolau și Aurel Bârgăzan).

„CD – MN” asigură: legătura pe apă între Dunăre, la Cernavodă și Marea Neagră, la Agigea; irigația unei suprafețe de 197.300 ha Sistemul de Irigații Carasu; alimentarea cu apă a Centralei Atomo-electrice Cernavodă.

Realizarea acestui obiectiv a impus resistemizarea hidraulică complexă a întregului teritoriu.

Sistemul de irigații Carasu (fig. 6.10) s-a execu-

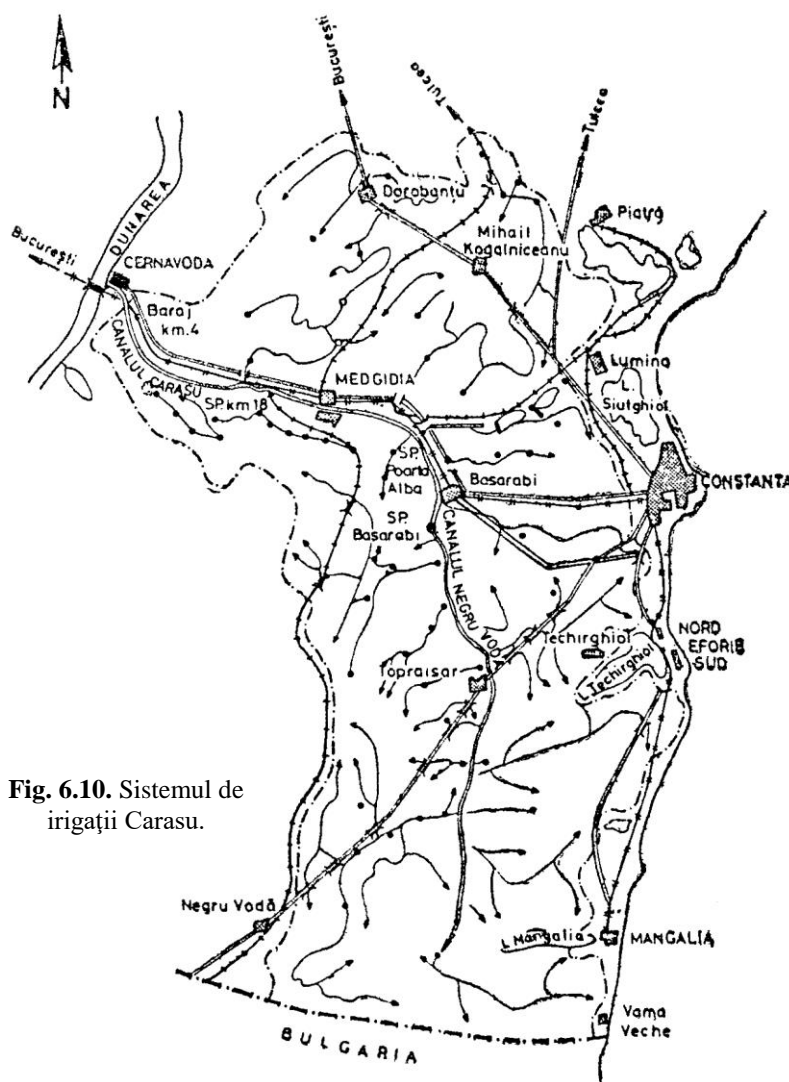


Fig. 6.10. Sistemul de irigații Carasu.

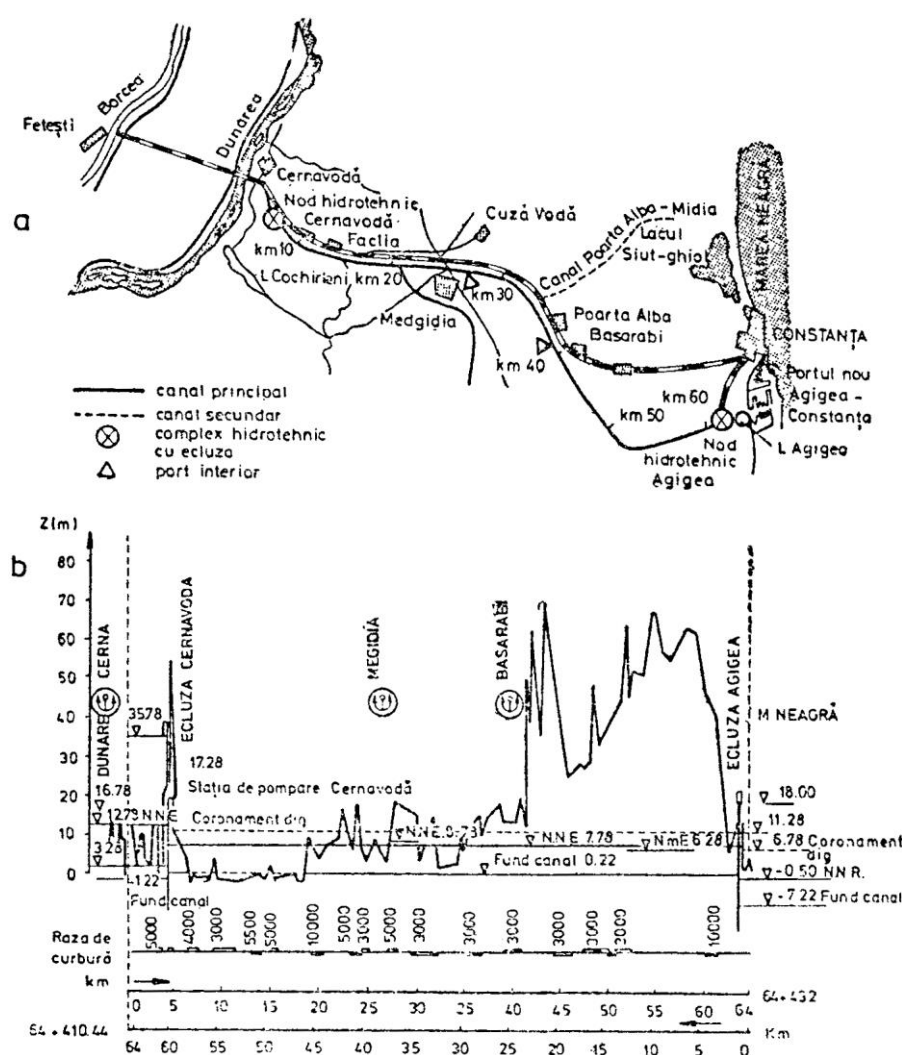


Fig. 6.11. Canalul Dunăre – Marea Neagră: a – traseul cu zonele adiacente;  
b – profilul longitudinal, în varianta adoptată.

tat în perioada 1967-1972 (proiectant ISPIF București, executat TCIF Constanța), având priza de apă gravitațională la Dunăre, la Cernavodă ( $Q = 147 \text{ m}^3/\text{s}$ ). După două pompări, pe traseu (la km 18, cu:  $Q_i = 120 \text{ m}^3/\text{s}$  și  $H_p = 4,5 \text{ m}$  și la Poarta Albă – km 40, cu  $Q_i = 80 \text{ m}^3/\text{s}$  și  $H_p = 20 \text{ m}$ ) apa este ridicată la Basarabi Pădure ( $Q_i = 76 \text{ m}^3/\text{s}$  și  $H_p = 65 \text{ m}$ ), pe Podișul Dobrogei. De aici, printr-un canal magistral (C. Negru Vodă), apa ajunge până la frontiera cu Bulgaria, irigând și alimentând cu apă întreaga suprafață a Dobrogei de Sud.

Construirea Canalului Dunăre – Marea Neagră, cu rol complex, are ca traseu canalul anterior de irigații „Carasu” de la Cernavodă, până la Basarabi. Continuându-se până la Marea Neagră – Agigea. În figura 6.11 se pot urmări: traseul, cu bornarea distanțelor și aliniamentelor, precum și raporturile de cote între Dunăre – Mare și zona străbătută de canal.

Sub coordonarea proiectantului general IPTANA (Inst. de proiectări pentru transporturi auto,

navale și aeriene din Ministerul Transporturilor – România) s-au efectuat cercetările care au fundamentat soluțiile tehnice, dimensiunile, caracteristicile funcționale ale Canalului Dunăre – Marea Neagră și a construcțiilor și instalațiilor aferente.

Problema prezentând importanță pentru proiectanții marilor sisteme de irigații, ale căror canale magistrale vor avea funcții complexe (gen Canalul Siret – Bărăgan), se vor prezenta – în continuare – datele de bază ale soluțiilor și cercetărilor pentru CD – MN (text și figurile 6.11-6.21), după publicația ICH „STUDII – vol. XXIX” – 1982, coordonator și autor dr. doc. ing. S. Hâncu.

Cercetările au fost întreprinse (1973-1982) pe instalații experimentale și modele hidraulice de mari dimensiuni, pe modele de calcul, folosind calculatoare electronice, precum și măsurători directe, pe convoaie de pe fluviul Dunărea, de către I.C.H. (Institutul de cercetări hidrotehnice București), I.P.T. (Institutul Politehnic Timișoara) și I.S.P.H. (Institutul de studii și proiectări hidroenergetice București).

Obiectivele cercetărilor au fost vaste și de o mare diversitate: cercetări hidraulice, cercetări geotehnice, calitatea materialelor de construcție folosite, tehnologii de execuție, aparatură și control pentru stabilitatea construcțiilor ș.a.

Cercetările s-au efectuat\* pentru două faze:

- la nivel de studiu tehnico-economic, când au fost analizate 2 variante: 1° canal cu două biefuri interioare (3 ecluze) și 2° canal cu un singur bief interior (2 ecluze). S-a adoptat varianta 2°, cu un singur bief interior, care permite folosirea complexă a canalului (arteră de navigație, aducțiune pentru alimentări cu apă, irigații, hidroenergie, evacuator gravitațional de ape mari ș.a.). Aceste mari avantaje ale variantei 2° prevalează dificultățile de execuție în zona aval (Basarabi) unde excavațiile ajung la adâncimi de 75 m în loessuri, argile, calcare și crete;
- la nivel de proiect de execuție și ulterior s-au

\* „Studii” ICH și ICCPDC, vol. XXIX (prof. dr. doc. Simion Hâncu), 1982.



detaliat și optimizat elementele variantei adoptată (2°).

Cercetările hidraulice s-au referit la:

**1° Caracteristicile curgerii apelor** (pe Dunăre în regim îndiguit și în regim barat, în zona de priză a canalului).

**2° Secțiunea transversală a canalului** (atât pentru navigație pe un fir, cât și pentru navigația pe două fire).

În acest caz se ia:

– rezistența de înaintare și viteză de deplasare a convoaielor de nave (2 x 3.000 t; 4 x 3.000 t; 6 x 3.000 t);

– stabilitatea circulației convoaielor de nave la întâlniri și depășiri;

– oscilația nivelului apei în canal, datorate undelor de ecluzare;

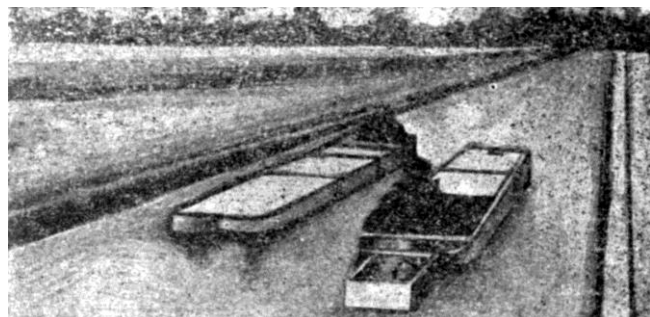
– afundarea dinamică a navelor și rezerva minimă a pilotului;

– viteza inversă și viteza maximă admisibilă a curentului de apă în secțiunea convoiului;

– valurile și denivelările suprafeței libere a apei în canal produse de vânt;

– depunerile de aluviuni în canal.

Cercetările referitoare la secțiunea transversală a canalului s-au efectuat pe modele de calcul și două modele hidraulice de mari dimensiuni (unul la scara 1/25 și altul la 1/7), fiecare în lungime de 220 m, cu nave autopropulsate cu om la bord (fig. 6.12).



**Fig. 6.12.** Modelul canalului și convoiului la scara 1/25. Întâlnirea a două convoaie.

Din secțiunile minime; din punct de vedere hidraulic, a canalului au rezultat (fig. 6.13):

a. *Două fire de circulație*

– Sectorul Cernavodă – Basarabi:  $b_{fund} = 70$  m;  $h = 5,5-6$  m;  $m = 4,5$ ;

– Sectorul Basarabi – Agigea:  $b_{fund} = 90$  m;  $h = 5,5-6$  m;  $m = 0,2$ .

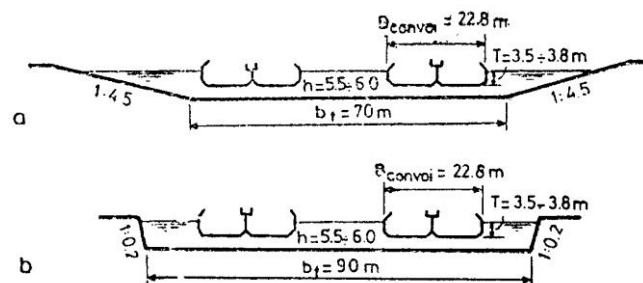
b. *Un fir de circulație*

– Sectorul Cernavodă – Basarabi:  $b_{fund} = 45$  m;  $h = 5,5-6$  m;  $m = 4,5$ ;

– Sectorul Basarabi – Agigea:  $b_{fund} = 60-65$  m;  $h = 5,5-6$  m;  $m = 0,2$ .

Lățimea minimă ( $B$ ) a canalului în curbă, ținând seama de faptul că raza minimă a curbei ( $R$ ) este de 3.000 m, măsurată la nivelul chilei convoiului de 6 x

x 3.000 t, a fost stabilită;  $B = 120$  m pentru  $R = 3.000$  m;  $B = 11,2,5$  m pentru  $R = 4.000$  m;  $B = 108,0$  m pentru  $R = 5.000$  m;  $B = 99,0$  m pentru  $R = 10.000$  m. Adâncimea curentului  $h = 5,5$  m corespunde barajelor cu pescaj  $T = 3,5$  m. Pentru barajele cu pescaj  $T = 3,8$  m este indicat să se adopte  $h = 6,0$  m. Proiectantul general IPTANA a adoptat adâncimea apei în canal  $h = 7,0$  m.



**Fig. 6.13.** Secțiunea transversală minimă a canalului: a) Sectorul Cernavodă – Basarabi; b) Sectorul Basarabi – Agigea.

Cercetările referitoare la viteza de circulație a convoaielor de nave, au condus, pentru secțiunile minime adoptate și condițiile de debit nul pe canal:

a/ Două fire de circulație ( $h = 7$  m;  $b_{fund} = 90$  m;  $m = 0,2$ ):

$V = 8,65$  km/h pentru: convoi 6 x 3.000 t;  $T = 3,8$  m;  $N = 2.400$  CP;

$V = 10,75$  km/h pentru: convoi 4 x 1.500 t;  $T = 2,5$  m;  $N = 1.640$  CP.

b/ Un fir de circulație ( $h = 7$  m;  $b_{fund} = 65$  m;  $m = 0,2$ ):

$V = 8,35$  km/h pentru convoi: 6 x 3.000 t;  $T = 3,5$  m;  $N = 2.400$  CP;

$V = 10,25$  km/h pentru convoi: 4 x 1.500 t;  $T = 2,5$  m;  $N = 1.640$  CP,

în care:

$h$  – adâncimea apei în canal;

$b_{fund}$  – lățimea canalului la fund;

$m$  – panta taluzelor;

$V$  – viteza convoiului de nave;

$T$  – pescajul navei;

$N$  – puterea împingătorului.

Cercetări ample au fost efectuate și asupra oscilațiilor nivelului și vitezei apei în canal, produse de undele de ecluzare, asupra depunerilor de aluviuni în canal, precum și asupra valurilor și denivelărilor suprafeței libere a apei provocate de vânt.

**3° Priza de apă a canalului** la Dunăre și condițiile de navigație la intrarea în canal și în portul Cernavodă au fost studiate pe model hidraulic la scara 1/125 care a cuprins un sector din albia Dunării de circa 3 km lungime.

– Problemele de detaliu (ale portului Cernavodă, precum și structura curentilor în priză) au fost studiate pe un model hidraulic la scara 1/50.



– Navigația convoaielor în zona gurii de intrare, ca și dispoziția în plan a portului Cernavodă s-au studiat tot pe modele la scări reduse.

#### 4° Nodurile hidrotehnice

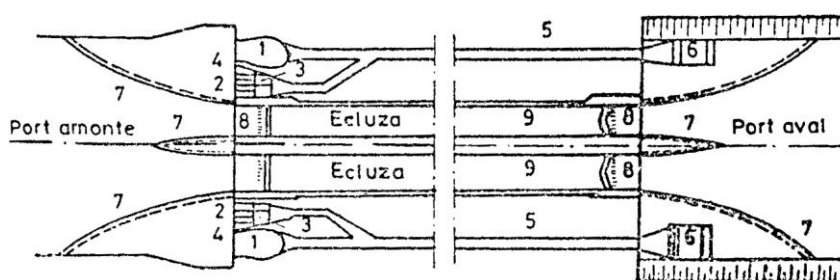
Nodurile hidrotehnice de pe traseul canalului (porturi de așteptare – ecluze, canale de ocolire, stăvilare și stații de pompare) s-au studiat tot pe modele hidraulice, aprofundându-se următoarele aspecte:

- cinematica curgerii apei în zona nodurilor hidrotehnice;
  - navigația convoaielor de nave (6 x 3.000 t), în porturile de așteptare și la ecluzări;
  - staționarea navelor la diverse distanțe de ecluze ș.a.
- S-au întreprins astfel de încercări experimentale pe modele pentru:
- Nodul hidrotehnic Cernavodă (modele la scara 1/25);
  - Nodul hidrotehnic Basarabi (modele la scara 1/30 și 1/25);
  - Porturile Medgidia și Basarabi (model la scara 1/100).

#### 5° Ecluza de la Mare (Agigea)

Ansamblul hidrotehnic Agigea (fig. 6.14) a fost studiat din punct de vedere hidraulic cu privire la:

- sistemul de alimentare și evacuare a apei din sasul ecluzei;
- fenomenul de amestec apă sărată-apă dulce;
- porturile de așteptare;
- construcțiile de ghidare a convoaielor de nave la intrarea în ecluză;
- sistemul optic de dirijarea accesului navelor la ecluză în timpul nopții;
- sistemul de evacuare a apelor mari din canal în timpul viiturilor;
- funcționarea microhidrocentralelor de pe ga-



**Fig. 6.14.** Ansamblul hidrotehnic Agigea: 1 – microhidrocentrală; 2 – sifoane; 3 – bazin de debușare; 4 – galerie de reglaj; 5 – galerie de evacuare; 6 – construcție de ghidare; 7 – ecran pneumatic; 8 – portale; 9 – ecluză.

leriile laterale ș.a.

Cercetările s-au efectuat în două etape, pe modele hidraulice la scara 1/35 și 1/25 și prin calcule.

În figura 6.15 sunt prezentate liniile de curent în timpul funcționării sifoanelor și ecluzării.

#### 6° Racordarea canalului cu acvatoriul portului maritim nou Constanța Agigea

Cercetările au fost efectuate pe modele hidraulice la scările 1/125 și 1/50, pentru soluționarea:

- traversării lacului Agigea;
- racordării canalului cu portul Constanța – Agigea;
- condițiilor de navigație la gura Agigea.

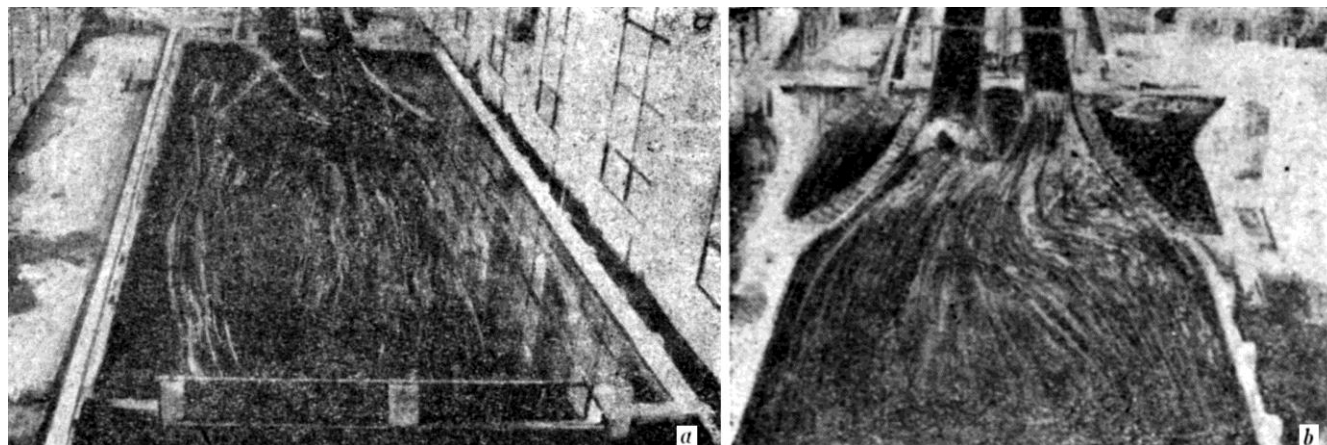
Varianta promovată în proiectare, cu privire la racordarea canalului cu acvatoriul portului maritim Constanța – Agigea, este cea rezultată din cercetările pe modele hidraulice la scările 1/500; 1/200 și 1/25.

#### 7° Debușarea văilor afluențe în Canalul Dunăre – Marea Neagră

Experimentările pe modele hidraulice, au fost efectuate pentru două văi caracteristice (Cataroiul Mare – Potârnichea și Valea Cișmeului) la scara 1/100.

Pentru alte văi au fost valorificate și studiile făcute pentru canal – porturile de așteptare.

Studiile (cercetări, calcule) au evidențiat că în zona de debușare a afluenților la viituri, se înrăutățesc condițiile de navigație în canal.



**Fig. 6.15.** Liniile de curent în timpul ecluzării și sifonării: a) în portul aval; b) în portul amonte.

Pentru debite afluențe ale văilor peste 40-80 m<sup>3</sup>/s se introduc restricții, prin interzicerea încrucișărilor și depășirilor, convoiul de nave în zona confluențelor derivă de pe traseu și naviga în derivă.

Cu ajutorul modelului matematic de ansamblu al Canalului Dunăre – Marea Neagră au fost analizate problemele privind navigația (pe tot canalul) și evoluția nivelului apei (în canal), la viituri din întreg bazinul hidrografic al Canalului Dunăre – Marea Neagră.

### 8° Funcționarea Canalului Dunăre – Marea Neagră

Pentru elaborarea modelului matematic de ansamblu al funcționării canalului s-au luat în considerare reproducerea concomitentă și interdependentă a celor două fenomene principale:

1. mișcarea permanentă a apei, incluzând undele de ecluzare, debitele evacuate de la Centrala nucleară electrică (CNE) Cernavodă, debitele de tranzit necesare compensării volumelor de apă ecluzate în mare, debitele pentru consumatori (fig. 6.16), aflusul de precipitații și efectul hidraulic al circulației navelor;

2. mișcarea nepermanentă a convoaielor de nave pe canal și în porturile de așteptare și efectul mișcării nepermanente a apei asupra circulației navelor.

Analizele și studiile s-au efectuat în două etape:

– Cercetările din prima etapă au urmărit simularea navigației pe canal în diverse variante constructive de secțiune și număr de biefuri (cu două biefuri interioare și cu un singur bief interior), cu diferite tipuri de convoaie (cu 2,4 și 6 barje) și în diverse variante de ecluze (cu și fără bazine economizoare).

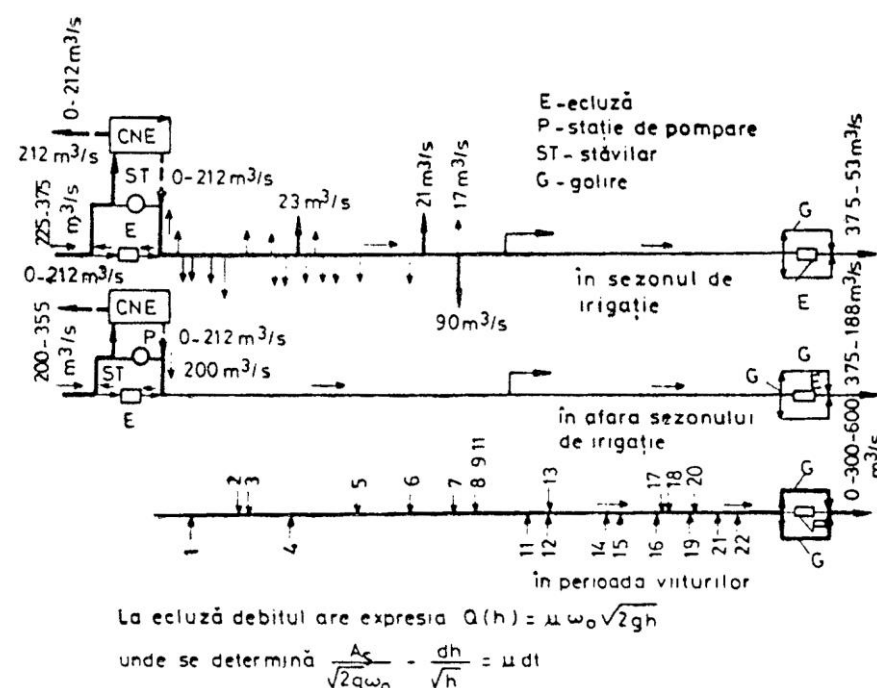


Fig. 6.16. Schema debitelor de apă pe canal (de tranzit și de alimentare a consumatorilor, mediate în timp).

– Cercetările din etapa a II-a, axate pe funcționarea canalului în soluția cu un singur bief interior, au urmărit în special influența debitului de apă provenit de la Centrala nucleară electrică Cernavodă asupra navigației pe canal și asupra condițiilor de evacuare în mare a viiturilor. Au fost luate în considerare, în etapa a II-a, și soluția de automatizare și condițiile de funcționare.

Pentru modelul de calcul, s-a descris mișcarea permanentă a apei prin ecuațiile Saint-Venant, cu condițiile la limită și inițiale cu condițiile de racordare terminate:

$$\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{g \cdot w} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{g \cdot w^3} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{g \cdot w^3} + \xi \frac{Q^2}{k^2} = 0 \quad (1)$$

$$B = \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

Mișcarea nepermanentă a convoaielor de nave este descrisă de ecuația:

$$\left( \frac{D}{g} + \frac{D_i}{g} + \lambda \right) \frac{da}{dt} = \quad (3)$$

$$= \frac{\eta N}{a} - R - D_i - D \frac{dz}{dx} \operatorname{sign} \left( a, \frac{dz}{dx} \right)$$

La ecluze debitul are expresia:

$$Q(h) = \mu \omega_0 \sqrt{2gh} \quad (4)$$

unde  $h$  se determină cu ecuația:

$$-\frac{A_s}{\sqrt{2gW_0}} \cdot \frac{dh}{\sqrt{h}} = \mu dt \quad (5)$$

În relațiile 1-5 termenii au semnificația:

$\xi = 1$  pentru  $Q > 0$  și  $\xi = -1$  pentru  $Q < 0$  (sens contrar scurgerii);

$D$  – deplasamentul convoiului;

$D_i$  – deplasamentul împingătorului;

$\lambda$  – masa aditivă a convoiului;

$a = v + v_i$  – viteza convoiului raportată la particulele de apă din vecinătate;

$v = v_n + v_c \operatorname{sign}(v_n, v_c)$ ;

$v_n$  – viteza absolută a convoiului;

$v_c$  – viteza curentului de apă în canal, rezultată din sistemul de ecuații (1) și (2);

$N$  – puterea împingătorului;

$R$  – rezistența hidrodinamică a convoiului dată de ecuația:

$$R_{cv} = R_a (v + v_c)$$

$i$  – panta hidraulică a curentului invers care se calculează cu ecuația lui Chézy.

– În secțiunea convoaielor de nave:

în loc de  $\omega(h)$  avem  $\omega(h - \Delta h) - \Delta\omega$

și

în loc de  $P(h)$  avem  $P(h - \Delta h) - \Delta P$ .

$P$  – perimetrul muiat al canalului.

Ecuatiile (1), (2), (3), (4) și (5) și cele ce exprimă rezistența la înaintare  $R_{cv} = R(v + v_i)$ , denivelarea medie în secțiunea convoiului, redată prin ecuația Bernoulli:

$$\frac{v^2}{2g} + h = \frac{(v + v_i)^2}{2g} = h - h \text{ și ecuația de continuitate: } v\omega(v + v_i)(\omega - \Delta\omega - x), \text{ în care: } x$$

reprezintă aria secțiunii (fig. 6.17), au fost rezolvate prin diferențe finite, folosind calculatoarele electronice.

Au fost simulate numeroase situații, atât constructive, cât și funcționale.

Rezultatele calculelor de simulare numerică, detaliate în etapa a II-a, au indicat de exemplu:

– viteza convoaielor de nave, viteza apei, viteza inversă în secțiunea navei, ca în figura 6.18 (pentru bieful Cernavodă – Agigea și de 4 x 5.000 t,  $T = 5,5$  m);

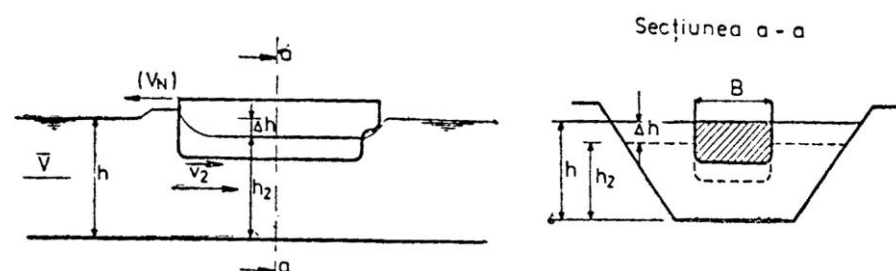


Fig. 6.17. Denivelarea suprafeței totale a apei în zona convoiului.

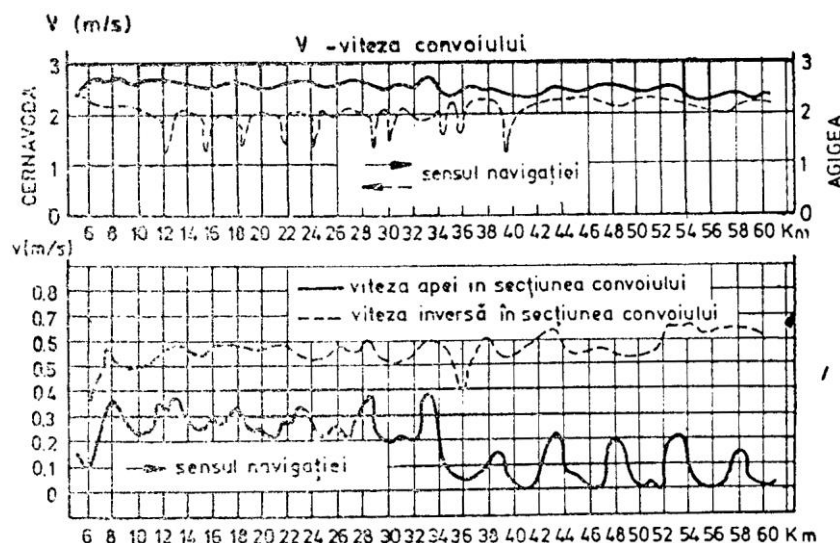


Fig. 6.18. Circulația convoaielor în baraje (4 x 5.000 t;  $T = 5,5$  m) în bieful Cernavodă – Agigea.

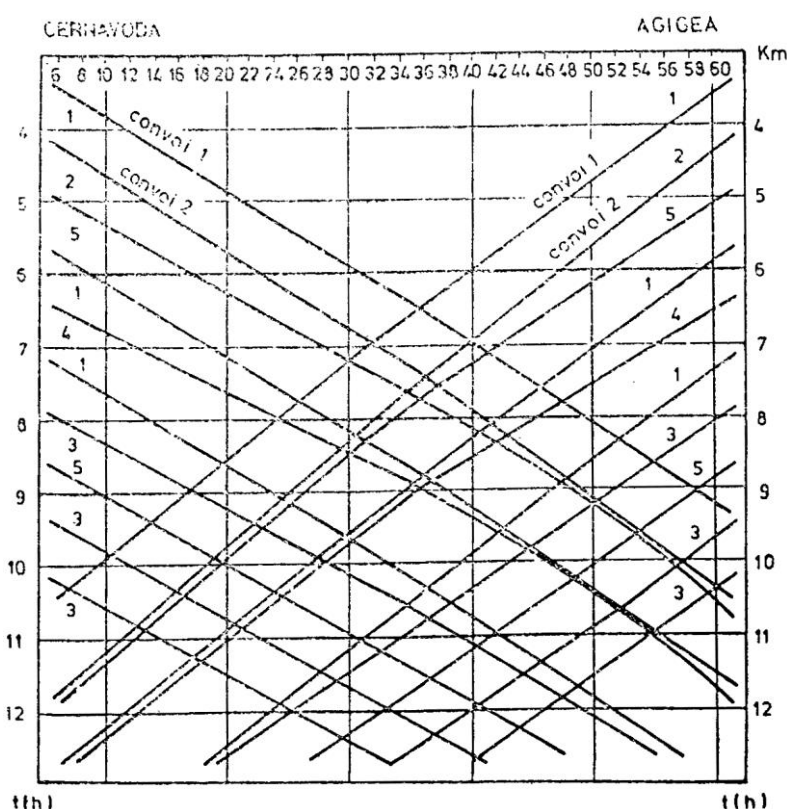


Fig. 6.19. Spațiile parcurse în timp de convoaie de nave:

1. 6 x 3.000 t;  $T = 3,8$  m;  $N = 24.000$  CP;
2. 4 x 5.000 t;  $T = 5,5$  m;  $N = 24.000$  CP;
3. 2 x 1.500 t;  $T = 2,5$  m;  $N = 600$  CP;
4. 4 x 1.500 t;  $T = 2,5$  m;  $N = 1.640$  CP;
5. 6 x 1.500 t;  $T = 2,5$  m;  $N = 1.640$  CP.

– circulația convoaielor de diferite mărimi, care are loc fără aglomerări, deși bieful are  $L > 60$  km, datorită faptului că viteza nu diferă mult de la un convoi la altul (fig. 6.19);

– variațiile nivelurilor maxime și minime precum și a vitezelor apei (maximă și minimă) în lungul canalului;

– fenomenele ce se produc la suprapunerea viiturilor cu debitele descărcate de Centrala nucleară electrică Cernavodă ( $Q = 212$  m<sup>3</sup>/s) și evacuarea lor numai prin sifoane;

– condițiile în care are loc exploatarea rațională a canalului la ape mari, în concordanță cu sistemul de evacuare al ecluzei Agigea;

– fenomenele tranzitorii ce apar în canal și debitul de evacuat, ce se iau în considerare la stabilirea co-

telor de amorsare și dezamorsare automată a sifoanelor ș.a.

### 9° Debitmetria canalului și capta-rea apei la Centrala N.E. Cernavodă

În laboratoarele catedrei de Construcții Hidrotehnice și Îmbunătățiri Funciare, la Institutul Politehnic Timișoara, s-au întreprins cercetări, pentru realizarea Canalului Dunăre – Marea Neagră, cu privire la:

**10° Studiul economic și hidraulic al ecluzelor** – cu bazine economizoare în varianta cu bief de creastă la Murfatlar – canal cu 2 biefuri interioare).

**11° Studiul privind eforturile în parâmele de legare ale convoiului de calcul**

**12° Studiul navigației convoaielor** împinse în zona ecluzelor și a porturilor de așteptare,

**13° Limitarea fenomenelor hidraulice**

Fenomene cauzate de funcționarea în regim tranzitoriu a hidrocentralelor și a evacuatoarelor de viitură, în porturile de așteptare ale ecluzei.

**14° Prevenirea și combaterea salinizării apei canalului\***

La ieșirea la mare, pătrunderea apei sărate din mare în canal (prin procesele de ecluzare de la Agigea), a format obiectul unui studiu amplu, pe trei modele reduse, la scările 1/50, 1/10 și 1/25.

Posibilitatea salinizării o creează ecluza Agigea, la umplerea sasului, când apa sărată din mare este adusă la nivelul apei din canal. Apoi, prin deschiderea porților amonte, odată cu pătrunderea convoiului în canal pătrunde și apa salmastră (pană salină), ca urmare a tendinței de stratificare pe orizontală.

S-a ajuns la concluzia că măsura indicată este reducerea la minim posibil a concentrației apei salmastre din sas, care este sursa poluantă. Procedul tehnic de reducere a concentrației apei salmastre sub valoarea admisă de 0,5‰ (respectiv 0,5 g/l), constă în evacuarea gravitațională – de fund – a apei sărate din sas în bieful aval, concomitent cu alimentarea – la nivelul aval – cu apă dulce a sasului din bieful amonte (după principiul ecluzei Mardyk), dar cu circuitele hidraulice inversate.

Condițiile impuse s-au putut realiza dacă  $Q_{af} < Q_{ef}$ ; în care  $Q_{af}$  și  $Q_{ef}$  reprezintă debitele afluent și efluent în/din sas.

\* Din Cercetări Hidraulice efectuate în Institutul Politehnic Timișoara (prof. M. Bala, prof. Eugen Dan și șef lucrări Al. Bicov, 1982).

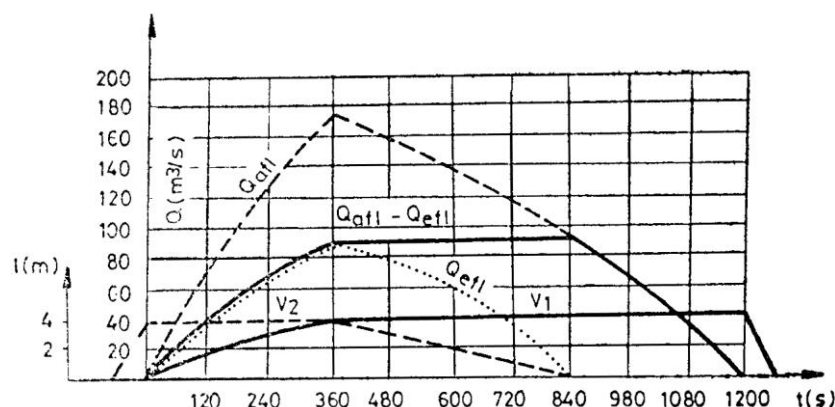


Fig. 6.20. Tabloul hidraulic (umplere evacuare).

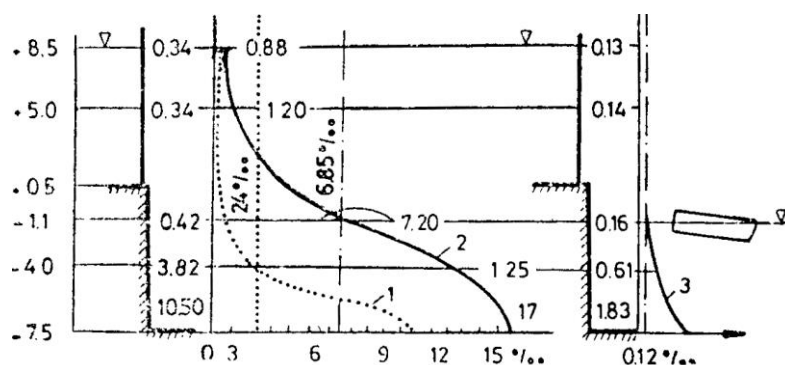


Fig. 6.21. Diagramele de distribuția salinității: 1 – umplere cu golire concomitentă, fără vas în ecluză; 2 – umplere obișnuită, fără vas în ecluză; 3 – umplere cu golire concomitentă, cu vas în ecluză.

Tabloul hidraulic al umplerii cu legile de manevrare a vanelor  $V_1$  și  $V_2$ ), pentru a obține un debit de umplere constant, pe o durată cât mai lungă ca și evacuarea corespunzătoare a apei sărate, se vede în fig. 6.20.

În figura 6.21 se dau diagramele de distribuție a salinității pe verticală, obținute la sfârșitul perioadei de umplere și care arată că la umplerea-golirea concomitentă (curbele 1 și 3) se obțin concentrații sub 0,5‰.

– în laboratoarele Institutului de studii și proiectări hidroenergetice (ISPH) București, s-au întreprins cercetări pentru realizarea Canalului Dunăre – Marea Neagră, cu privire la:

**15° Studii hidraulice pentru ecluza Cernavodă** (detalierea sistemului de alimentare, care s-a efectuat pe un model hidraulic la scara 1/40).

**16° Studii hidraulice pentru ecluza Agigea** (detalierea parametrilor funcționali ai ecluzei; cercetări s-au întreprins (ISPH) pe model redus, sc. 1/40)

Pentru studiul posibilităților de a împiedica pătrunderea apei sărate în canal, la ecluza Agigea, s-au făcut măsurători cu apă de mare și cu soluție de sare de bucătărie, puse în sasul ecluzei la începutul umplerii. În timpul experimentărilor, apa dulce din bieful amonte avea o concentrație minimă de săruri de 0,36-0,5‰, în timp ce apa sărată din bieful aval avea 16-17‰.

Folosind mai multe scheme de alimentare s-a ajuns la următoarele rezultate:

– în cazul alimentării sasului fără golire concomitentă în bieful aval, concentrația în sare a fost de 1,75-3,1‰ în straturile de suprafață și 12,3-15‰, în cele de fund;

– în cazul alimentării sasului cu evacuare concomitentă a apei sărate în bieful aval, concentrația finală a rezultat de 0,85-1,5‰ în straturile de suprafață și 3,1-5,1‰ în straturile de fund.

În dreptul orificiilor de deversare a apei dulci în sas s-a făcut simțit existența unei zone de amestec violent. Umplerile și golirile au fost determinate pentru două căderi de 9,6 m și 8,5 m, adică pentru nivelul în canal de 8,5 mdM și două niveluri în mare  $\pm 0,00$  mdM și  $-1,10$  mdM și doi timpi de ridicare a vanelor cu viteză constantă, respectiv 3 și 4 minute.

#### 6.1.5. STUDII GENERALE NECESARE PENTRU ORICE PROIECT DE AMENAJARE COMPLEXĂ ȘI ÎN SCOP DE TRANSPORT PE APĂ: HIDROLOGICE, HIDRAULICE, TEHNICO-ECONOMICE ȘI DE FEZABILITATE

Transportul pe apă fiind și rămânând un mijloc economic, pentru a i se asigura o dezvoltare corespunzătoare este necesară o justificare foarte documentată în fixarea soluțiilor (în China, în marile sisteme de irigații, canalele au și rol de navigație interioară, ca de exemplu în S.I. Saoșean, figura 6.22).

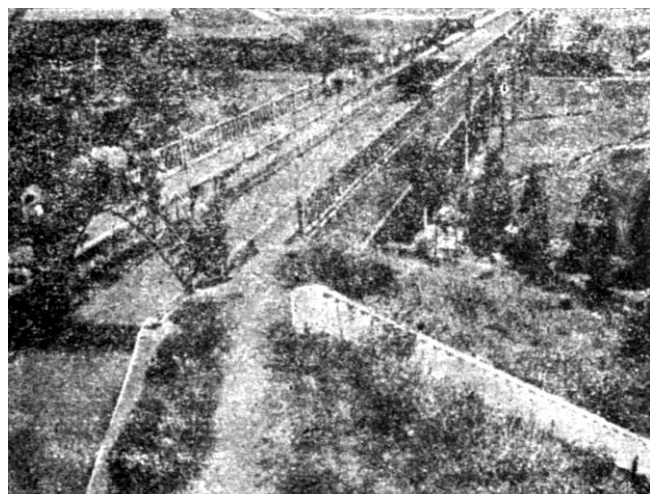


Fig. 6.22. Canal de irigație și cu rol de navigație (China).

Modelele reduse, prin suplețea în cercetare-exploatare, permițând să se ia în considerare ansamblul parametrilor ca și anumitor particularități, în definirea soluțiilor fiabile și economice, devin de neînlocuit

pentru elaborarea proiectului de amenajare generală ca și pentru anumite uvraje.

Amenajarea căii de navigație interioară, putându-se realiza fie în curent liber (pe un fluviu sau pe un râu), fie prin construirea unui canal, adaptat traficului și navelor moderne, reclamă rezolvarea unei game largi de probleme tehnico-constructive, ca: protecția malurilor contra valurilor, viteze optime ale convoaielor, stabilitatea secțiunilor dragate, menținerea adâncimii necesare, caracteristicile secțiunilor de racordare a bifururilor, uvrajelor necesare etc.

Studiile hidrologice, hidraulice, tehnico-economice și de fezabilitate, necesare fundamentării proiectelor de navigație interioară, comune amenajărilor hidrotehnice, în general, au anumite particularități.

Studiile hidrologice (de suprafață și subterane) ca și cele hidraulice privesc:

- măsurarea debitelor lichide (cu morișca sau prin metoda diluției);
- studii statistice asupra debitelor (lichide și solide) ale cursului de apă;
- studii de salinitate (ex. în fig. 6.23, C.N.R. – Compania Națională a Rhônului);
- observații asupra pânzei freatice și dinamicii acesteia, prin staționare hidrogeologice (piezometre sau puțuri – foraje), care pot fi echipate pentru înregistrări automate.

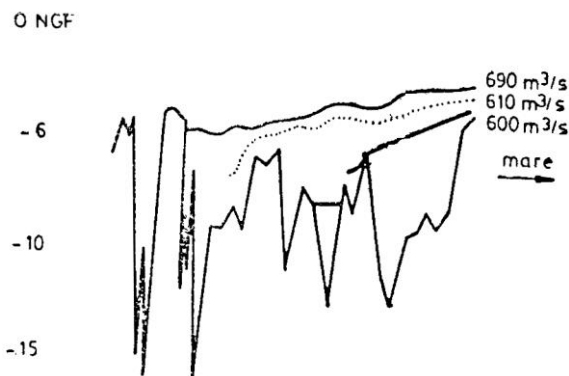


Fig. 6.23. Releveu asupra gradului de mineralizare în Micul Rhône, pentru diferite debite (C.N.R.).

Pentru aceste studii trebuie să se dispună de un parc de vedete hidrografice prevăzute cu batimetre, sonde ultrasonore și alte aparate, care să permită, în-continuu, stabilirea profilelor transversale și longitudinale și cartarea fundului curentului de apă.

Informațiile culese pot fi redade sub formă grafică sau sub formă de benzi magnetice.

Modelele matematice și modelele reduse fizice constituie mijloace indispensabile în toate studiile de amenajări hidrotehnice sau de utilizare a resurselor de apă. Pe modele reduse și matematice se studiază în general:

- curgerile permanente sau tranzitorii în râuri, canale și acumulări;
- propagarea undelor în canale și conducte;
- transportul debitelor solide;
- amplasarea, dimensionarea, alimentarea;
- protecția contra afuerii a barajelor mobile, a pragurilor fixe, a prizelor de apă, a ecluzelor, a uzinelor hidroelectrice, a canalelor;
- stabilitatea patului și malurilor râurilor ca și colmatarea retențiilor.

Studiile tehnico-economice privesc:

- cercetările de rentabilitate ale ansamblului amenajării cu scopuri multiple și departajate pe amenajarea biefurilor și a zonelor industriale și portuare;
- studiul dezvoltării schemei de navigație în ipoteză lentă, rapidă și medie (de dezvoltare);
- fixarea caracteristicilor căii de navigație în funcție de caracteristicile materialului de navigație;
- analiza resurselor de apă pentru alimentarea canalului; cercetarea optimului economic între diversele mijloace de furnizare a apei (stocaj pentru alimentarea gravitațională, stație de pompare, bazin);
- cercetări pe teren asupra condițiilor (topografice, geologice, hidrologice) de implantare a uvrăjelor;
- optimizarea diferitelor lucrări (uzine hidroelectrice, canale, terasamente ș.a.);
- compararea între diverse moduri de trecere a navelor peste căderi (ecluză, elevator longitudinal sau transversal, pante de apă etc.);
- dimensionarea barajelor pentru trecerea viiturilor;
- optimizarea dragajelor.

Studiile de fezabilitate se referă la definirea caracteristicilor globale ale unui proiect, cu justificare:

- concepției de bază a proiectului;
- alegerea amplasamentului;
- stabilirea planului cu soluțiile;
- estimarea costului, analize și eficiență.

#### 6.1.6. STUDII ȘI CERCETĂRI ÎN ZONA DE LITORAL ȘI DE VĂRSARE A CURSURILOR DE APĂ PENTRU CÂȘTIGAREA DE USCAT ȘI OPRIREA PĂTRUNDERII APELOR SĂRATE (DIN MARE) ÎN INTERIORUL ZONELOR AGRICOLE ȘI INDUSTRIALE

Litoralul, supus unei rapide dezvoltări industriale, turistice, de odihnă și tratament, concomitent cu cerințele navigației și agricole, ridică în fața specialiștilor probleme din cele mai diverse domenii de activitate, printre care cele de ordin hidrotehnic dețin un prim rol. Se înscriu în acest domeniu amenajări pentru: faleză și plaje, estuare și gură de vărsare, prize de apă

din mare, descărcări în mare a reziduurilor lichide și solide, a apelor uzate de la unitățile agricole, industriale și centre edilitar gospodărești.

La baza tuturor amenajărilor se află studii ample de teren și laborator; printre acestea, cele hidrografice (și oceanografice) sunt obligatorii. Corecta măsurare și cunoaștere a curenților, hulelor, variației nivelurilor, vânturilor, temperaturilor apei, transporturile solide, fundul marin și resursele marine, asigură soluții corespunzătoare pentru amenajările costiere, pentru toate amenajările maritime, cu valorificarea eficientă a acestora.

Problemele de studiu pentru amenajările costiere iau în considerare (în studiu) pentru obiectivele ce se construiesc și o serie de caracteristici și factori naturali și social-economici, ca:

- litoralul marin reprezintă în multe situații o fâșie îngustă – o linie, pe care se înfruntă, cu violență și tenacitate, uscatul și marea, totuși oamenii își extind, cu mari eforturi, în multe cazuri, activitățile cele mai diverse;

- marea și subsolul său conțin imense resurse naturale (faună și floră), care pot furniza omenirii substanțe nutritive esențiale vieții, în timp ce subsolul poate conține mari depozite de petrol și minereuri;

- imensitatea și necunoașterea suficientă a mărilor și a diverselor fenomene ce se manifestă (mari hule, curenți etc.).

Aceste caracteristici constituie un vast câmp de investigații pentru ingineri și experți, în fixarea soluțiilor de amenajări hidrotehnice.

Pentru amenajarea țărmurilor, plajelor, estuarelor și gurilor de vărsare a cursurilor de apă, studiile de teren și pe modele dau răspuns la o diversitate de probleme, cu mari dificultăți și implicații în fixarea soluțiilor.

##### 1° Pentru câștigarea de uscat

Țărmurile și plajele, în continuă transformare – în confruntarea dintre apă și uscat – ridică probleme de mare dificultate în fața inginerului care urmărește să controleze și să favorizeze fenomenul ce prezintă avantaje. Protecția țărmurilor contra eroziunii sau contra colmatării, prin materialul sedimentar, se poate realiza numai printr-o justă soluționare a amenajărilor necesare. Litoralul este periclitat prin eroziunile provocate val după val; corecta amplasare a construcțiilor de protecție, forma și dimensiunile acestora nu se pot fixa cu suficiente garanții fără studii pe modele (fig. 6.24).

Cu privire la crearea de plaje artificiale ca și de câștigarea unor terenuri de sub apă problemele sunt și mai dificile.

Pentru asemenea amenajări, se studiază efectul mării – în ofensivă și retragere – asupra malului stâncos și adesea abrupt, care trebuie continuat artificial

pentru a se obține dintr-o fâșie îngustă un teren întins apt pentru cele mai diverse folosințe. Pentru aceasta, studiile pe modele oferă proiectantului date valoroase în fixarea soluțiilor optime, cu privire la tipurile de uvraje și dispoziția acestora.

Măsurile de câștigare a unor suprafețe de teren pe țarm, de sub apele mării, se aplică, de asemenea, în baza unor studii pe modele.

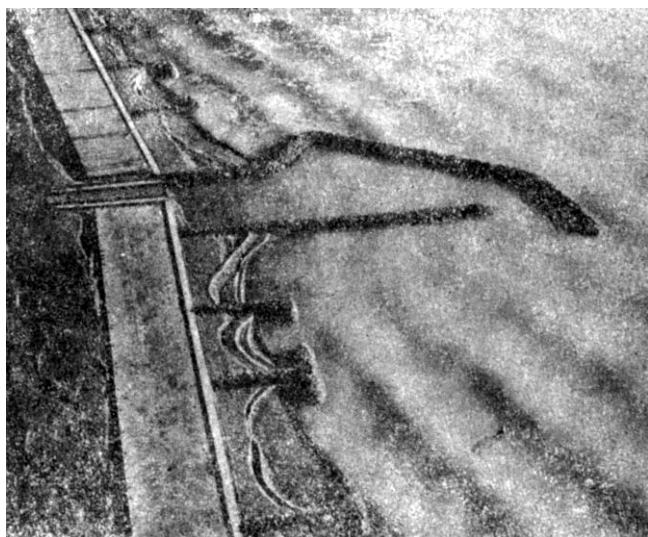


Fig. 6.24. Modelul redus al protecției litoralului francez la Frontignan.

Existența unor terenuri disponibile de ordinul câtorva hectare la malul mării reprezintă cazuri rare, iar dacă există, prezintă un relief accidentat și cu complicații pentru amenajări.

Studiile (economice și tehnice) care se întreprind pentru amenajarea litoralului și plajelor trebuie să fixeze:

- prejudiciile pe care le pot cauza eroziunile litoralului;
- impactul amenajării asupra activităților locale sau regionale;
- cauzele eroziunilor sau colmatărilor, cu soluția dispozitivelor de protecția litoralului;
- tipurile de plaje artificiale adecvate zonei și naturii materialului de adus (nisip etc.);
- uvrajele de protecție a coastei (spărgătoare de valori, epiuri, perece);
- diguri submersibile sau de alt tip;
- condițiile de reîmprospătare a apei în fața plajei și lupta contra poluării etc.;
- posibilitățile de realizare a unei căi de acces și promenadă.

**2° Pentru oprirea apelor sărate ale mării (oceanului) de a pătrunde în interiorul terenurilor agricole și pentru drenarea acestora**

Gurile de vărsare, estuarele, accesul la ecluze (gen Agiea), (zone în care cursurile de apă fac jonc-

țiunea cu marea) sunt sediul unor fenomene complexe, care antrenează acțiunea mării – curenți, marea, hule, transport de sedimente, salinitate – asupra aportului lichid și solid al râurilor (sau canalului, gen Canal Dunăre – Marea Neagră). Chiar în cazurile în care gura (descărcarea) nu are altă funcție decât de a lega laguna litorală de mare, fenomenele care iau naștere sunt totuși complexe antrenând dificultăți considerabile pentru navigație, prin reducerea adâncimii și a stabilității șenalului. Adesea au loc și inundații în zonele litorale, împiedicând curgerea viiturilor.

Stăpânirea acestor fenomene impune buna cunoaștere a lor și a mecanismelor ce le produc. Studiile pe modele reduse fizice și modele matematice sunt în prezent mijloacele cele mai sigure în fixarea soluțiilor de amenajare.

Estuarele și gurile de vărsare ale râurilor au reprezentat întotdeauna pentru populația riverană sursă fie de îmbogățire (fiind locul avantajos al schimburilor dintre produsele interne și externe, transportate pe apă), fie de sărăcire (fiind zona de depunere a materialului transportat, de fluvii din întreg bazinul hidrografic, cu revărsări și inundații la viituri, cu ridicarea nivelului freatic pe terenurile limitrofe).

Estuarele au reprezentat întotdeauna căi maritime avantajoase, permițând pătrunderea traficului maritim în interiorul țării, reducând simțitor transporturile terestre combinate. Dar estuarul fiind totodată zona în care curenții marini și hulele provoacă depuneri și invazii de apă sărată, problema întreținerii și a amenajării reclamă studii complexe, bazate pe modele reduse, asociate cu modele matematice. Acestea permit a se prevedea comportarea șenalului la diferite tipuri de amenajări, precum și evoluția fenomenelor legate de invazia apei lagunare în amonte fluviului; numai astfel pot fi stabilite soluții optime.

În tehnica mondială s-au dat diverse soluționări amenajării estuarelor și gurilor de vărsare, ca exemplu: estuarul fluviului Senegal și estuarul fluviului Vilaine (Franța), care se reține ca exemplu.

– Tehnologia execuției Barajului Arzal – Estuarul fluviului Vilaine – Franța este reprezentativă.

Soluțiile proiectului fixat pe baza experimentărilor făcute pe modele reduse asupra estuarului fluviului Vilaine și în baza încercărilor de geotehnică, pe probe luate din patul fluviului (SOGREAH).

În construcția barajelor au fost diferențiate cele două părți (fig. 6.25):

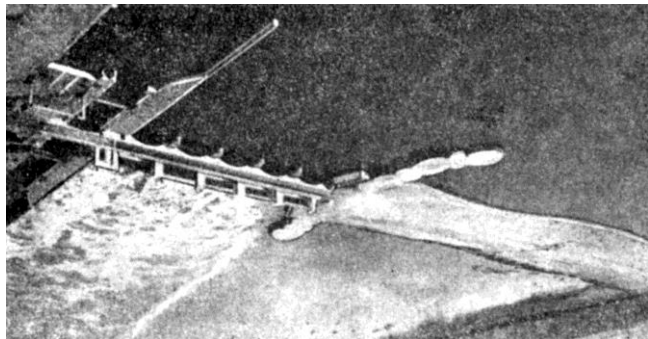
– partea activă, prin care se asigură stăpânirea apelor, cu ajutorul vanelor, care facilitează curgerea apelor mari și

– partea pasivă, digul, care asigură închiderea restului albiei fluviului. Debitul maxim reținut pentru



această lucrare a fost de  $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$  și cota nivelului amonte a apei a fost fixată la 2 m.

Locul de amplasare a barajului Arzal a fost ales într-o buclă a râului spre sud, la 8 km amonte de vărsare (v. fig. 6.25).



**Fig. 6.25.** Barajul Arzal de pe Vilaine.

Malul nord (drept) convex coboară în pantă lină spre fluviu, în timp ce malul sud (stâng) prezintă o faleză șistoasă abruptă, care coboară cu 40 m sub patul râului și care este umplută cu sedimente – mîl până la cota –8. Nivelul fluviului oscilează cu mările între cotele –3 și +3,60 m, iar viteza apei atinge 3-4 m/s.

Soluția și realizarea barajului s-au dovedit extrem de dificile, chiar din etapa studiile și încercărilor de laborator, datorită – pe lângă complexitatea problemei – și prezența depozitului milos pe care nu s-a putut funda o lucrare rigidă, în condițiile unor viteze mari ale curentului mării, care urcă de două ori pe zi pe fluviu, periclitând lucrările din albie.

Prima măsură tehnologică a fost realizarea batardeului pentru incinta de pe malul drept, în care s-a construit ansamblul vane și ecluza de navigație e.

Incinta de lucru ( $l = 250 \text{ m}$ ) s-a realizat prin două diguri perpendiculare pe mal (cu lungimi de câte 300 m), închise în albie printr-un parapet format din 6 gabioane circulare (cu diametrul de câte 20 m).

După închiderea și desecarea incintei, s-au amenajat cele 5 deschideri echipate cu vane ( $b = 20 \text{ m}$  și  $h = 12 \text{ m}$ ), precum și ecluza de navigație.

După terminarea lucrărilor din incintă, au fost îndepărtate cele două diguri (amonte și aval), lăsând apele fluviului să curgă pe noua cale, iar restul albiei a fost barat.

Partea rămasă de executat a fost cea mai dificilă, fiind de lucrat până la presiunea de 35 tone pe  $\text{m}^2$  în mîl, care nu putea suporta inițial mai mult de 300 kg pe  $\text{m}^2$ . O problemă dificilă de acest gen mai fusese tratată cu 4 ani înainte, o singură dată, de americani, pe un mic râu Utah, însă în cazul acestui baraj (Arzal) apăreau în plus complicațiile date de maree, cu 6 m variație a coloanei de apă, de două ori pe zi.

Mîlul din fundație a fost mai întâi drenat printr-o serie de puțuri umplute cu nisip. Pe capul acestor puțuri

s-a așternut o saltea de nisip groasă de 1 m care asigură colectarea apei drenată (prin puțuri).

Peste acest ansamblu s-a derulat un covor metalic de  $41.000 \text{ m}^2$ , pentru a împiedica străpungerea (pătrunderea) nisipului în anrocamentele, din care se construiește (în ultima etapă) corpul barajului.

În octombrie 1968 (deci după 3 ani de la începerea lucrării) s-a început construirea corpului barajului cu anrocamente, transportate și puse în operă folosind mai întâi șlepurile, apoi camioanele, pornindu-se de la ambele maluri. După doi ani, în noiembrie 1970, lucrarea a fost terminată, cu o serie de dificultăți izvorâte din condițiile dificile de fundare pe patul gros de mîl.

Construirea barajului Arzal poate oferi celor interesați multe învățăminte, atât ca tematică de amenajare complexă în estuar sau în gurile de vărsare ale râurilor mari, cât și ca tehnologie de execuție, în condiții atât de grele.

Odată cu închiderea vanelor (noiembrie 1970), curgerea apei în ambele sensuri a intrat în regimul scontat, rezultatele dovedindu-se cele obținute la studiul pe modele, atât în ceea ce privește procesul de desalinizare, cât și modul de exploatare-funcționare.

Amonte de baraj, apa fiind limpede și nesalinizată a permis utilizarea pentru alimentarea cu apă potabilă. În acest scop, pe malul sud (stâng), pe teritoriul comunei Ferel, s-a amenajat o stație de tratare a apelor, cu o capacitate de  $90.000 \text{ m}^3$ , realizabilă în 3 etape (cu câte  $30.000 \text{ m}^3$ ). O primă tranșă a fost dată în exploatare în 1971, a doua tranșă în 1976, iar a treia tranșă până în 1980.

– În complexul de amenajare a estuarului au fost incluse obiectivele hidroameliorative, de sistematizare a teritoriilor riverane, precum și navigație – comercială și de agrement.

Au fost apărute de inundații și drenaje 10.000 ha teren mlăștinos din perimetrul Redon. Au fost realizate condiții pentru navigația turistică pe 50 km estuar, la care au avut rol important și cele două canale: Nantes → Brest și Redon → Rennes.

### 6.1.7. REGULARIZARE DE RÂU ÎN SCOP DE PROTECȚIE A MEDIULUI, AGREMENT ȘI IRIGAȚII. EXEMPLU „AMENAJAREA COMPLEXĂ A RÂULUI DÂMBOVIȚA ÎN MUNICIPIUL BUCUREȘTI”

#### 1° Soluția amenajării râului Dâmbovița în București

Pentru încadrarea râului Dâmbovița în lucrările de sistematizare ca și pentru valorificarea apelor curate și uzate pentru irigații, aval de stația de epurare Glina,

s-a realizat amenajarea a cărei schemă (plan și profil longitudinal) se vede în figura 6.26 (Prospect C.N.A.).

Soluția de amenajare în interiorul municipiului București cuprinde:

- o acumulare permanentă în suprafață de 220 ha, cu un volum (de acumulare) de 20 mil.  $m^3$  care are rolul de a apăra de inundații orașul și pentru asigurarea apei industriale și de irigații;

- biefarea râului (6 biefuri, ale căror cote se văd în figura 6.26, b), între lacul Dâmbovița (cota primului bief: 24,80 m și cota ultimului bief: 9,50 m) și Popești-Leordeni, prin care se asigură planuri de apă limpede în scop de protecția mediului și agrement. Biefarea s-a realizat cu ajutorul unor stăvilare rabatabile (fig. 6.27).

Secțiunea transversală caracteristică este dublă (fig. 6.28): la partea superioară a albiei trapezoidală deschisă pentru tranzitarea unui debit maxim ( $Q_{max} = 120 m^3/s$ ), sub care s-a executat un colector închis de, canalizare pentru un debit maxim ( $Q_{max} = 90 m^3/s$ ).

Amenajarea râului Dâmbovița în perimetrul Capitalei condiționează o serie de mari intervenții amonte și chiar aval:

- amonte, de la izvoare, unde s-a realizat pe firul albiei prima acumulare (ac. Pecineagu) de regularizare a scurgerii (în sectorul superior), căreia îi urmează și altele (ex. la Rucăr – Dragoslavele, Văcărești ș.a.) sau pe afluenți (gen Valea Largă, v. fig. 6.5; 6.6; 6.7);

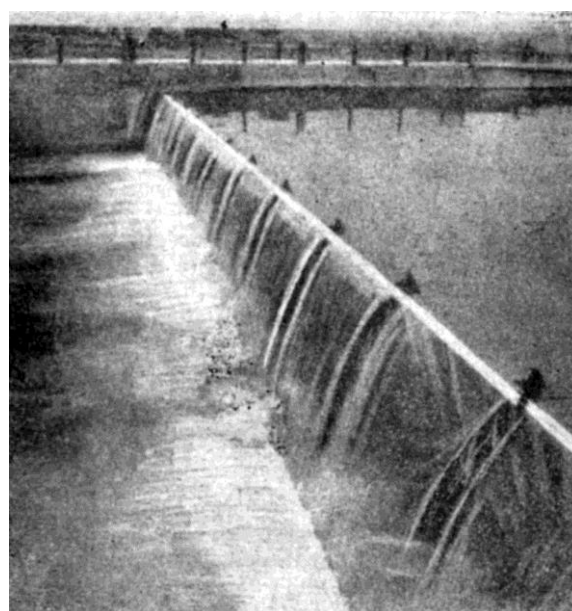


Fig. 6.27. Stăvilă pentru biefare (prospect C.N.A.).

- aval, unde urmează joncțiunea pentru navigație, cu canalul Dunăre – Argeș – București.

Amenajarea complexă Dâmbovița este o soluție hidrotehnică interdisciplinară:

- regularizări de râuri;
- hidroenergie;
- irigații și alimentări cu apă;
- drenaje canalizări;
- navigație interioară;
- protecția mediului și a echilibrului ecologic.

## 2° Încadrarea amenajării râului Dâmbovița în schema cadru a bazinului hidrografic

Pentru înțelegerea modului funcțional de încadrare a acestei amenajări în schema cadru (fig. 6.29) sunt necesare a fi făcute o serie de precizări (Solacolu, P., Revista Hidrotehnică nr. 1, 1988, pag. 10-16).

Privitor la regimul hidrologic trebuie arătat că debitul mediu multianual al râului Dâmbovița este de aproximativ  $12 m^3/s$ , având însă fluctuații mari de la  $0,5 m^3/s$  (1 ianuarie 1964) la  $650 m^3/s$  (iulie 1975). De asemenea, prin acumulările Pecineagu și Văcărești se asigură capitalei, prin apă tratată la stația Arenda,  $6 m^3/s$  și nu poate fi asigurat debitul necesar amenajării râului în oraș; prin efectul

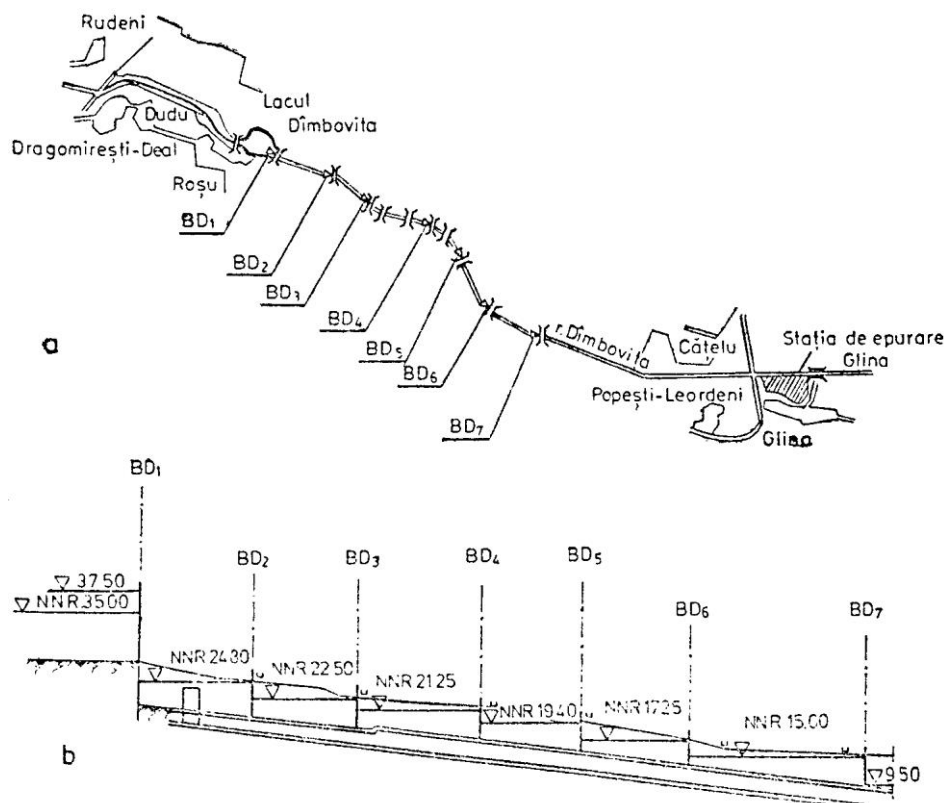


Fig. 6.26. Schema de amenajare a râului Dâmbovița în municipiul București (prospect C.N.A.): a) schema plan; b) schemă profil longitudinal; pod rutier; baraj devorsor.

de atenuare a viiturilor în acumularea Văcărești și dirijarea lor prin deviațiile Ilfov – Dâmbovița (Răcari) și Dâmbovița – Argeș (Brezoaiele) parțial în râul Argeș, parțial în pâraul Ciorogârla, la intrarea râului în capitală rămânând de combătut numai viiturile din bazinul

hidrografic, situat în aval de aceste derivații.

În ceea ce privește debitele maxime generate de ploi asupra orașului, în perioada 1970-1979 s-au înregistrat un număr de 7 viituri cu debite maxime de peste  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  (până la  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Având în vedere datele hidrologice prezentate, în condițiile schemei hidrotehnice și în situația asigurării corespunzătoare (80%) a unui debit de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  pentru împropățare, necesar în lacul Dâmbovița și pentru biefurile cu apă curată ale amenajării din aval și  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  pentru C.E.T. Grozăvești (97%), se constată că acesta trebuie adus din râul Argeș prin derivația existentă Crivina-Roșu, respectiv prin canalul de derivație Dragomirești-Chitila, intrând în bilanțul folosințelor acestui curs de apă.

Încadrarea amenajării râului Dâmbovița în București în schema cadru de amenajare a bazinului hidrografic se poate constata urmărind modul cum sunt satisfăcute liniile directe de la care s-a pornit.

Astfel, prin construirea acumulării „Lacul Dâmbovița” se realizează utilizarea complexă a sursei de apă prin:

- producerea de energie electrică;
- irigarea a 1.805 ha situate în zona lacului;
- asigurarea debitelor necesare împropățării apelor în biefurile amenajării din aval;
- utilizarea în scop de agrement;
- atenuarea undelor de viitură;
- îmbunătățirea microclimatului din zonă.

Prin construirea colectivelor general, casetat, de sub albie (v. fig. 6.28) se asigură transportarea debitelor de apă poluată, atât uzată industrială cât și menajeră, precum și pluvială până la ploi cu frecvența 1: 3.

Amenajarea albiei creează condiții favorabile pentru asigu-

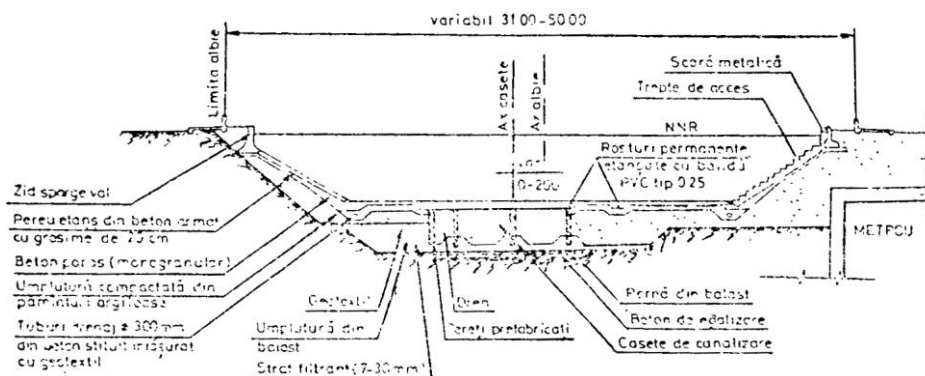


Fig. 6.28. Amenajarea râului Dâmbovița în municipiul București. Profil caracteristic (prospect C.N.A.)

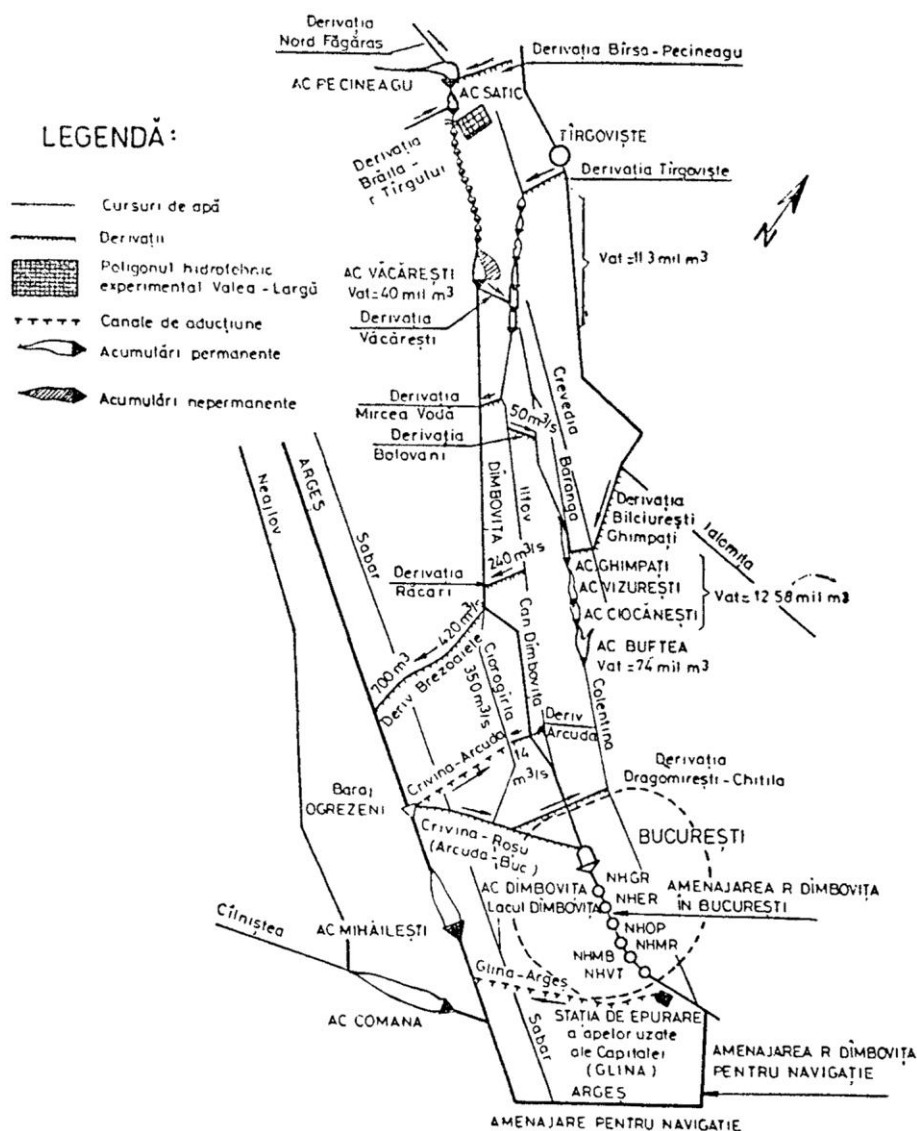


Fig. 6.29. Schema de amenajare a râului Dâmbovița.

rarea unui luciul de apă curată necesar pentru încadrarea corespunzătoare a râului în peisajul urban.

Cadrul amenajării, lacul Văcărești, situat pe malul drept al Dâmboviței, în zona de sud a capitalei, poate asigura condițiile pentru activitatea de agrement care lipsește cu totul în această zonă, contribuind de asemenea la îmbunătățirea microclimatului.

Transportul permanent al unui debit de 2-3 m<sup>3</sup>/s prin albie pentru împropățarea apei din biefurile amenajării permite totodată utilizarea acestuia fie pentru canotaj, fie pentru alte folosințe.

## 6.2. PROBLEME ȘI AMENAJĂRI HIDROENERGETICE CORELATE CU CELE DE IRIGAȚII, ÎN CADRUL PLANURILOR DE AMENAJARE. STUDII ȘI TEHNICI

În capitolul doi au fost prezentate aspectele energetice ale sistemelor de irigații. Aici, în subcapitolul 6.2, se prezintă aspectul global, interdisciplinar al amenajărilor, respectiv „amenajările hidroenergetice” și cele de irigații în scopul facilitării condițiilor de colaborare între specialiștii sectoarelor respective.

Colaborarea fiind reținută – cu prioritate – la nivelul fixării soluțiilor de amenajare, în cele ce urmează vor fi subliniate aspectele respective de studii și unele soluții de amenajări și obiective care pot fi valorificate în comun de ambele sectoare, ca: aspecte hidrologice, potențiale hidroenergetice, soluții de hidrocentrale în complexul irigațiilor, unele tehnologii de impermeabilizări (baraje) și drenaje etc.

### 6.2.1. GENERALITĂȚI, DOCUMENTARE

Pentru corecta dimensionare și exploatare a amenajărilor cu scop complex, prima preocupare a specialiștilor, după fixarea amplasamentului, este de a estima corect caracteristicile scurgerii în bazin, inclusiv prognoza hidrologică.

Departamentul EDF („Electricité de France”) a pus la punct o metodă „Gradex” pentru estimarea debitelor extreme, metodă ce a început să fie generalizată. În întreaga lume se lucrează la punerea la punct și a unor modele de gestiune a apei, care iau în considerare informațiile hidrologice, printre care figurează și previziunile cu privire la aportul din diferitele perioade ale anului.

Chiar și în țări privilegiate în resurse de apă, creșterile previzibile ale cerințelor impun studii hi-

drologice aprofundate, iar amenajările hidroenergetice se cer a fi cu caracter multiplu (energie, irigații, navigație ș.a.).

Pe lângă importante publicații și studii românești de hidrologie (ex. prof. I. Vladimirescu, 1978), contribuții de seamă aduc în domeniu lucrările profesorului Nathan Buras (Laboratorul de Optimizare a sistemelor, Universitatea Stanford-California) prin lucrările:

- „Utilizarea științifică a resurselor de apă” – 1972.

- „Determinarea posibilităților de integrare a restricțiilor impuse de resursele de apă în modelele energetice” – 1979.

- „Un studiu asupra condițiilor impuse de resursele de apă asupra activităților corelate cu acestea, din punct de vedere energetic” – 1981.

În aceste lucrări cei interesați în amenajările hidrologice în general și îndeosebi în cele cu caracter energetic, găsesc suficient material cu privire la:

- ingineria resurselor de apă (probleme ale dezvoltării, proiectării și probleme operaționale);

- metode probabilistice aplicate în problemele resurselor de apă;

- programarea dinamică (proces de decizie secvențială, relații de recurență, principiul de optimizare, procese de alocare unidimensională și multidimensională, optimizarea în spațiu și în timp), pentru ingineria resurselor de apă (proiectare, optimizarea înmagazinărilor de apă, folosirea conjugată a resurselor de suprafață și subterane, sisteme multistructură și multi-scop);

- metodele de simulare pentru proiectarea sistemelor resurselor de apă (metoda Monte Carlo, generalizarea de date sintetice în flux continuu, simulări etc.).

Întrucât modelele energo-economice existente la nivelul anului 1979 nu luau în considerație, în suficientă măsură, disponibilitățile de apă pentru activitățile conexe din punct de vedere energetic, prof. Nathan Buras a elaborat studiul „Determinarea posibilităților de integrare a restricțiilor impuse de resursele de apă în modelele energetice (1979 – Universitatea Stanford, California).

Prin aceasta se exprimă în formă generală, disponibilitățile zonale de resurse de apă, cu posibilitatea integrării restricțiilor impuse de resurse în modelele energetice.

Pentru bazele de date privitoare la resursele de apă, la tehnologiile implicate în dezvoltarea energetică la modelele energetice în funcție de specificul zonale, au fost utilizate două modele: Model Regional de Optimizare a Sistemelor Energetice (RESOM), utilizat frecvent în Laboratorul Național Brookhaven, și Mo-

delul Politicii Energetice (EPM), dezvoltat în Laboratorul Lawrence Livermore.

Restricțiile privitoare la resursele de apă au fost introduse în aceste modele și s-au alcătuit scenarii demonstrative pe calculator, în ipoteza că utilizatorii nonenergetici de apă exercită solicitări crescătoare, inelastice (în privința resurselor de apă), lăsând disponibilități limitate de ape și mai costisitoare pentru activitățile energetice.

Au fost elaborate astfel modele energo-economice, incluzând programele integrării datelor privitoare la disponibilitățile resurselor de apă și a consumurilor.

Sunt tratate în lucrările amintite (1979 și 1981):

- Baza de date privind resursele de apă (pentru: programul de alimentare EPRI, pentru baza de date utilizate USGS și EPA, pentru resursele de apă normalizate YVCR, modele „apă-energie”).

- Tehnologiile implicate în dezvoltarea energetică.

- Modelele energetice divizate pe regiuni (modele regionalizate, cereri de apă regionale și proiecte de cereri).

- Structura modelelor, modele apă-energie și exploatarea modelelor (modelul apă RESOM și EPM).

- Distribuția apei (disponibilități și lacuri de acumulare, costul înmagazinării apei, funcțiunile rezervoarelor de apă), mobilitatea apei – deplasarea (costuri de transport, matricea mobilității apei), utilizarea apei.

- Modelul W – EPM (cu descrierea și limitele modelului).

- Condiționări impuse de sursele de apă asupra activităților conexe energetice; interacțiunea apă-energie.

- Utilizarea apei și politica investițiilor.

- Competiția dintre piața agricolă și sector energetic etc.

Literatura de specialitate acordă un important volum publicistic problemelor legate de bazele statistico-matematice ale hidrologiei, de modelare a diferitelor fenomene, de prognozare și altele.

Astfel, cu privire la modelarea hidrologică sunt descrise numeroase structuri de modele, dintre care se rețin ca fiind de tip complex: Stanford IV, SSARR (Streamflow Syntheses Reservoir Regulation), Aver, O'Donnell, Girard, Bilik – SOGREAH etc.

În România, institutul de profil (IMH) a elaborat noi structuri de modele cu ocazia întocmirii planului de amenajare complexă a b-h superior al râului Mureș.

## 6.2.2. STUDII ȘI MODELE HIDROLOGICE

Pornind de la cele două concepte pe care se fundamentează hidrologia modernă sistemul determinist și sistemul probabilistic, se rețin ca specifice pentru modelele hidrologice problemele ce se referă la: calculul scurgerii hidrologice și la prognoza hidrologică.

Procesul complex al transformării precipitațiilor atmosferice în flux de apă, în cadrul unui bazin hidrografic și colectarea acestuia prin rețeaua hidrografică și rezervoarele subterane, oferă proiectanților și cercetătorilor în domeniu, largi și totodată dificile probleme de studiu, la a căror rezolvare modelele reduse, ca și cele matematice pot aduce contribuții esențiale, îndeosebi pentru calculul scurgerii și prognozei. În prealabil sunt studiate aspecte fiziografice ale bazinului. Suprafața (în  $\text{km}^2$  sau în ha) se delimitează prin kilometrajul profilului de închidere a cumpenei apelor, la extremitatea din aval (unde se amplasează barajul, fiind vorba de amenajări HE în acest capitol). În fig. 6.30 se redă (după I.

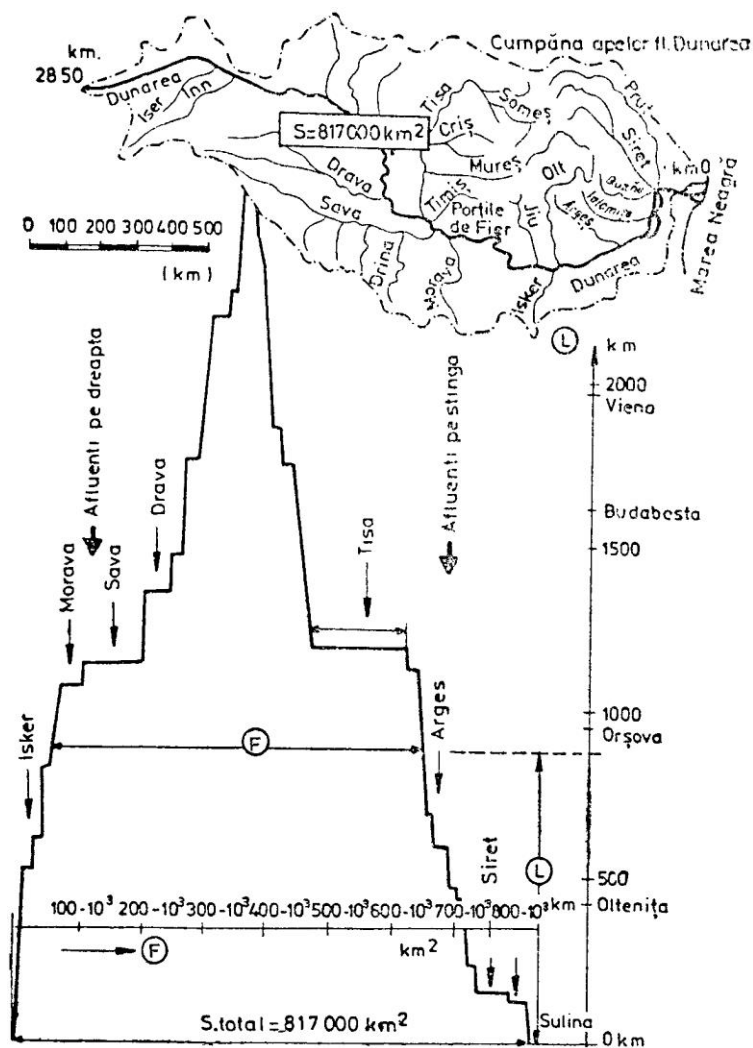


Fig. 6.30. Epură a variației bazinului hidrologic al fluviului Dunărea.

Vladimirescu, „Hidrologie”, 1978) modul de variație al bh al Dunării, în raport cu lungimea traseului.

Pentru a se putea valorifica în proiectarea anumitor lucrări hidrotehnice dintr-un bazin mare luat în studiu, datele existente, obținute într-un alt bazin studiat sau într-un bazin mie model, trebuie să existe asemănare între aceste bazine hidrografice.

Se pot adopta mai multe procedee:

### 1° Similitudinea geometrică a bazinelor hidrografice (fig. (6.31))

Forma bazinului (ex. cerc, elipsă, formă alungită, lățime medie  $\beta = \frac{F}{X}$ , sau coeficientul de formă

$$\beta = 4\pi \frac{F}{2}; \text{ sau poziția centrului de greutate), neluând}$$

în considerare relieful, permite numai o caracterizare bidimensională și parțială.

Similitudinea geometrică completă (după Strahler) se obține prin valoarea constantă a raportului de scară  $\lambda$  al lungimilor pentru toate punctele de intersecție cu razele vectoare indicate.

Acest criteriu (cele două bazine corespund condițiilor de omotetie) devine necesar în cazul când se fac experimentări pe model.

### 2° Paralelismul între elementele de reprezentare sintetică a celor două bazine hidrografice

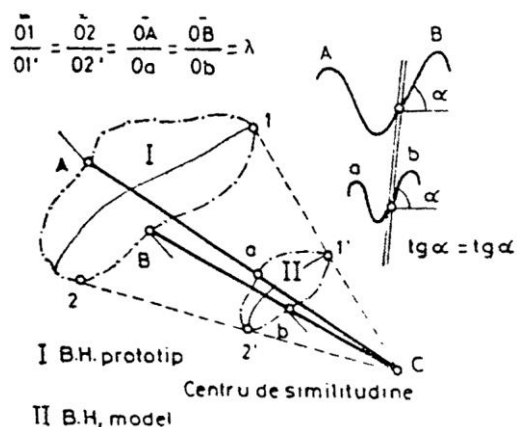


Fig. 6.31. Condiția de similitudine geometrică a bazinelor hidrografice.

Prin reprezentarea sintetică (fig. 6.32) se urmărește de exemplu modul de grupare a suprafețelor ba-

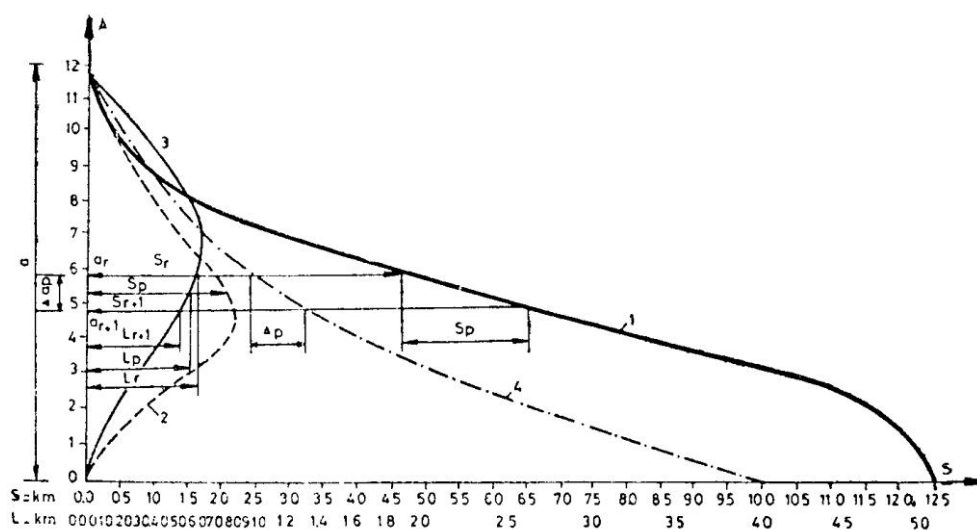


Fig. 6.32. Repartizarea sintetică a unui bazin hidrografic: 1 - curba ipsografică totală; 2 - curba ipsografică parțială; 3 - curba lăților ipsografice; 4 - profilul de ansamblu al unității.

zinului după altitudini, făcându-se diagrama ipsografică.

Reprezentarea grafică a diferitelor elemente din figura 6.31 caracterizează zona luată în studiu și permite de a stabili din punct de vedere orografic comparația dintre două unități-bazine. Aceste unități pot fi considerate asemănătoare în cazul când există un paralelism între curbele respective sau un raport de asemănare între elementele care caracterizează aceste unități.

### 3° Model de calcul al scurgerilor hidrologice (după prof. I. Vladimirescu)

Din cauza insuficienței cunoașterii a fenomenelor complexe ce determină scurgerea (precipitații, infiltrații, evaporații, rețineri și acumulări pe teren ș.a.), pentru a se putea obține din studii valori acceptabile totuși, este necesar ca în calculul scurgerii să se examineze ponderal fiecare factor, cu semnificațiile respective.

Scurgerea hidrologică este acceptată ca sistem determinist, în care precipitațiile alcătuiesc impulsul, bazinul hidrografic operatorul, iar scurgerea răspunsul.

Bazinul și rețeaua hidrografică au rolul important de transformator al precipitațiilor în debit al cursurilor de apă.

Evaporarea apei, ca răspuns la radiațiile solare (ca impuls) și masa apei (ca operator), pot fi considerate ca subsisteme. Sistemul hidrologic fiind aproximat - din argumente economice și simplitate - ca un sistem linear, răspunsul total al unor impulsuri parțiale va rezulta din suprapunerea răspunsurilor parțiale corespundente, exemplu figura 6.33.

Procesul pe care îl prezintă structura sistemului sau subsistemului stabilit, ca și componentele acestui proces, pot fi simulate prin modelele matematice. Cu ajutorul mecanismului rapid și complex de calcul pe

care-l oferă calculatoarele se pot da răspunsuri la o serie de ipoteze ale impulsului, permițând confruntarea diverselor posibilități cu realitatea. Prof. I. Vladimirescu a elaborat o schemă detaliată a sistemului hidrologic determinist (fig. 6.34), în care apar funcțiile principale ale impulsului, operatorului și răspunsului la aceste funcții – respectiv scurgerea.

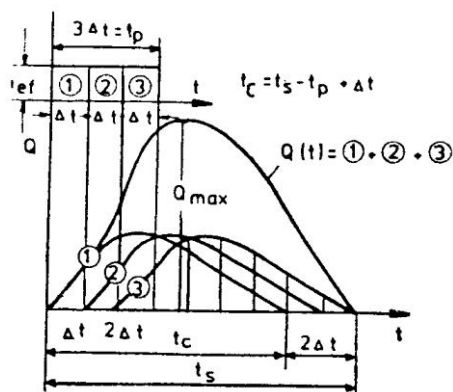


Fig. 6.33. Schema sistemului linear determinist (suprapunerea efectelor a trei hidrografe rezultate din trei precipitații impuls).

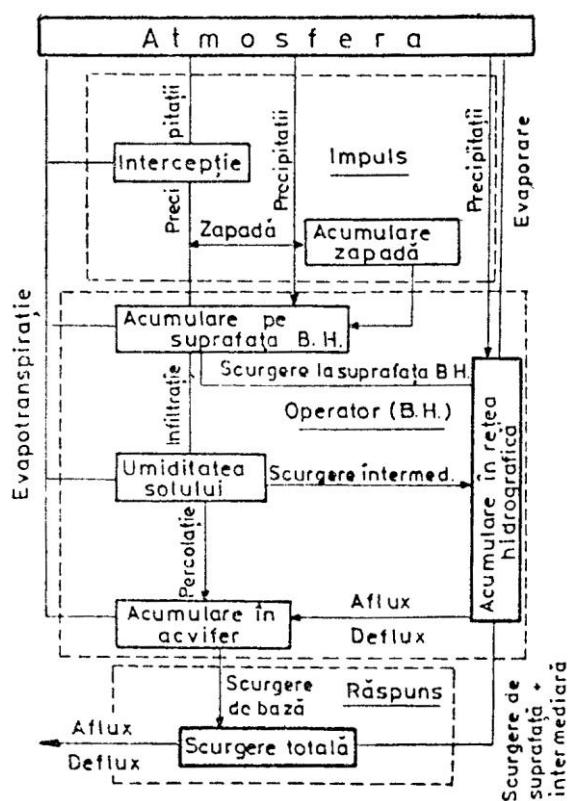


Fig. 6.34. Modelul complex al sistemului hidrologic determinist (scurgerea).

Frecvența anumitor valori caracteristice ale unor fenomene naturale are caracterul unei variabile aleatorii, fenomenul fiind guvernat astfel de un sistem stohastic. Acest sistem, prin conceptul său care ține seama de probabilitatea de realizare este independent de sis-

temul determinist: simularea matematică aferentă utilizată în sens probabilistic.

Cele două abordări matematice pot fi utilizate complementar în studiul scurgerilor hidrologice.

#### 4° Modelarea hidrologică, metodă de prognoză

În proiectarea și exploatarea amenajărilor hidrotehnice-hidroenergetice, pe lângă determinarea valorică a factorului hidrologic, interesează în mare măsură momentul realizării valorii; în unele situații, precizarea acestui moment este mai importantă chiar decât precizia cu care se stabilește valoarea – mărimea factorului.

Prognoza introducând ca element-condiție timpul de anticipație, implică un mare grad de complexitate în metodologia de calcul, prin fondul de date hidro-metrice și precizia acestora. Două sau trei hidrografe de debit cu pluviogramele corespunzătoare, constituie minimul de material documentar pentru o metodă complexă.

Modelarea hidrologică reprezintă o succesiune de bilanțuri hidrologice, realizate într-un pas de timp prestabilit. Modelul fiind de tip determinist, cuprinde factori cauzali și un număr de parametri.

Modelul poate să fie elaborat atât pentru perioade de ape mari, cât și pentru o perioadă mai îndepărtată.

SOGHEAH a elaborat (1966) *modelul scurgerii directe*, a cărui structură cuprinde:

- compartimentul pentru calculul ploii efective (funcția de producție);
- compartimentul pentru calculul debitelor (funcția de modulație). Institutul de Meteorologie și Hidrologie București a elaborat un model de prognoză în perioada de ape mari, pentru bh cu suprafețe mari (peste 300-400 km<sup>2</sup>), folosind conceptul împărțirii suprafeței  $F$  a bh întru-un număr de zone relativ omogene morfologic,  $F = F_i$  (fig. 6.35).

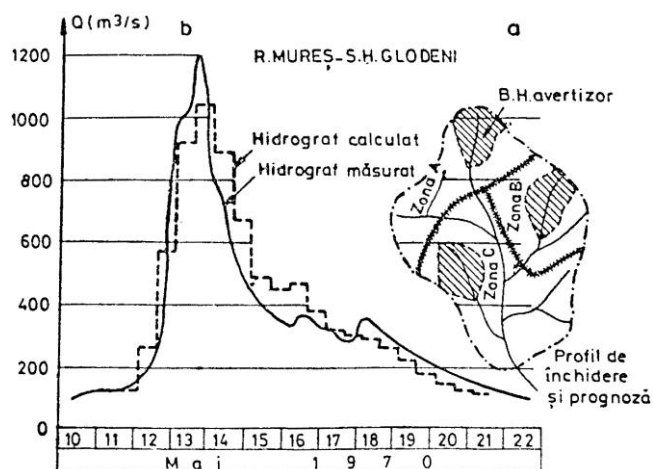


Fig. 6.35. Prognoza hidrologică prin bh avertizoare (IMH).

În interiorul fiecărei zone se echipează hidro-metric și meteorologic câte un bazin reprezentativ (a)



pentru zona respectivă – bazin avertizor. Pe bazinele avertizoare se studiază în prealabil modul de formare a viiturilor proprii, pe baza cărora se determină coeficientul de scurgere mediu pentru întreg bh, folosind relația:

$$C_{\text{mod}} = \frac{C_j F_i}{F}$$

Cu ajutorul coeficientului  $C_{\text{mod}}$  se calculează precipitația medie efectivă pe întreg bh. Rezultatul aplicării acestui model la prognoza apelor mari ale râului Mureș – Stația Glodeni ( $F = 3.786 \text{ km}^2$ ), din luna mai 1970, se poate vedea pe graficul din figura 6.36 b.

**Modelul scurgerii totale (complex).** După analiza procesului formării scurgerii totale specifice bh considerat, se poate elabora schema de interconectări a factorilor componenți ai modelului de prognoză (v. fig. 6.34).

Modelarea fizico-matematică aferentă conduce la estimarea tipurilor principale de scurgere (intermediară de suprafață și de bază) prin legi exponențiale, scurgerea totală rezultând ca superpoziție a acestor componente. Algoritmul de calcul se poate urmări în figura 6.36.

Zona punctată a graficului indică evoluția pro-

gnozată a scurgerii.

Concepția de simulare a algoritmului din figura 6.36 aparține modelului Nielsen-Hansen și a fost aplicată (L. Ilie) pentru, sectorul montan al râului Doamnei din România.

Altă concepție de model al scurgerii totale este reprezentată prin modelul Stanford IV, care a fost aplicat pentru bh South-Yuca ( $F = 143 \text{ km}^2$ ) din S.U.A., hidrograful scurgerii rezultând ca o funcție obținută printr-o serie dinamică (fig. 6.37).

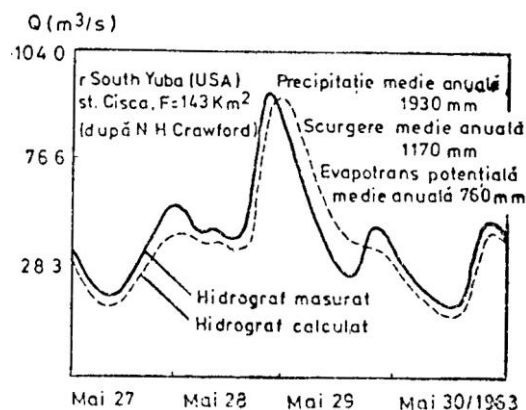


Fig. 6.37. Hidrograf măsurat și calculat după modelul Stanford IV.

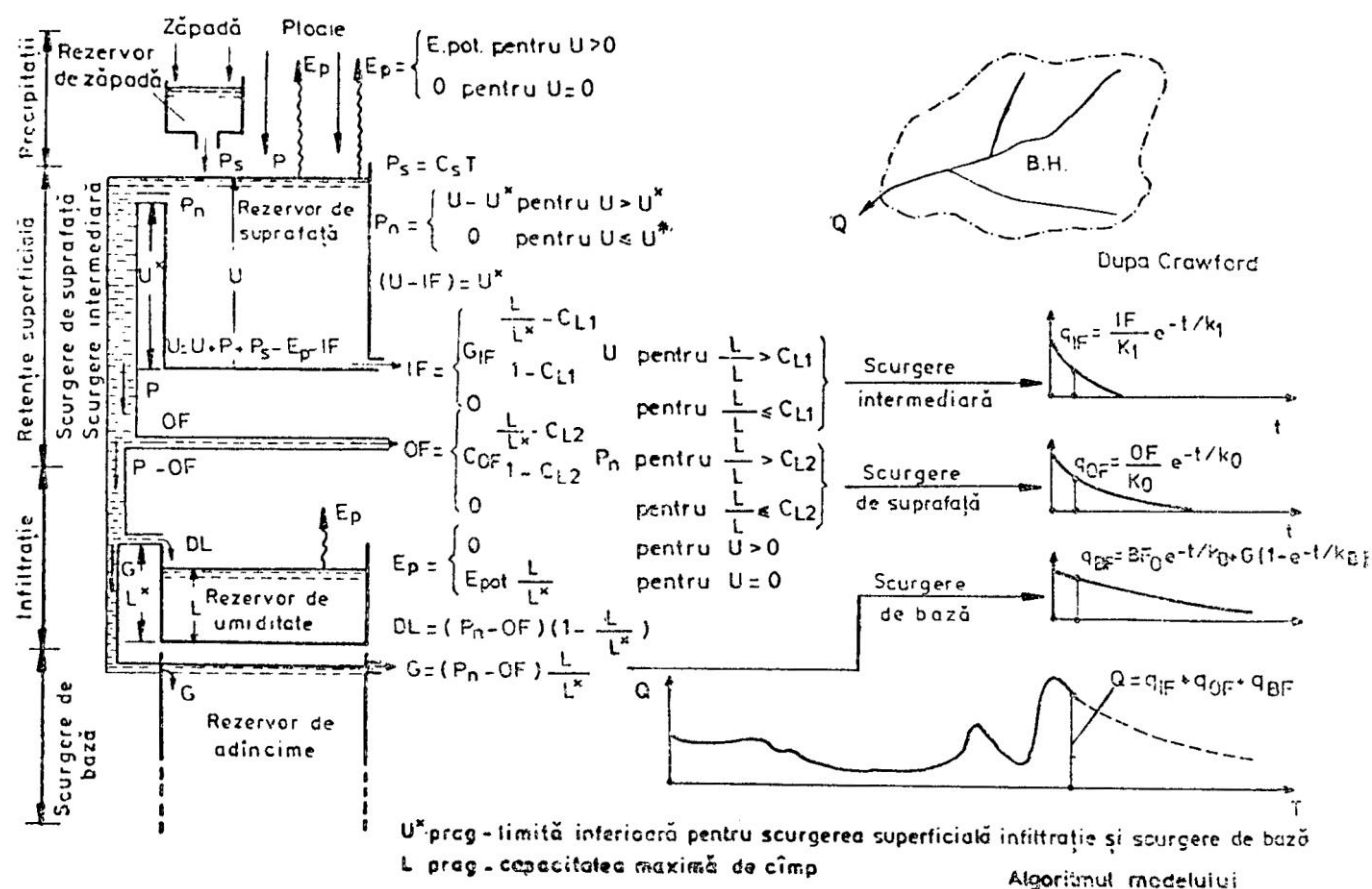


Fig. 6.36. Algoritmul modelului scurgerii medii zilnice.

### 6.2.3. HIDROENERGIA ȘI INDEPENDENȚA ENERGETICĂ ÎN CADRUL AMENAJĂRIILOR HIDROTEHNICE COMPLEXE

În strategia dezvoltării de după 1970, când omul este preocupat de problemele ce privesc: pătrunderea în cosmos, materiile prime, protecția mediului, continua industrializare, cu relansarea agriculturii modernizată prin revoluția verde (irigații, desecări-drenaje, fertilizare și plante de mare productivitate), când populația urbană – din centrele mari și agroindustriale, pune numeroase probleme de investiții edilitar-gospodărești, de transporturi etc., problema energiei devine din ce în ce mai acută. Având în vedere resursele din ce în ce mai diminuate de petrol, gaze și cărbune, ale subsolului, precum și implicațiile economico-financiare ale schimburilor internaționale de carburanți, specialiștii își îndreaptă din ce în ce mai mult atenția asupra resurselor hidraulice, nucleare, eoliene, geotermale și lumina soarelui.

Energia reînnoibilă va deține, probabil, primul loc în secolul XXI.

Capitolul de față tratând aspecte hidroenergetice, în cele ce urmează referirile vor privi resursele hidraulice.

Evaluarea resurselor hidraulice se face prin potențialul respectiv. În tehnică se diferențiază, corespunzător etapei (de studiu):

- potențialul teoretic (de precipitații, de scurgere pe versanți și al cursurilor de apă), pentru etapa de inventariere;

- potențialul tehnic amenajabil, pentru etapa elaborării schemelor de bazin de amenajare hidroenergetice;

- potențialul economic amenajabil, care reprezintă în cele mai frecvente cazuri 18-22% din valoarea potențialului teoretic de scurgere, respectiv 50-75% din valoarea potențialului tehnic amenajabil.

Potențialul teoretic hidroenergetic pe glob, calculat pe baza debitului mediu multianual, este de 3.800.000 MW (după datele prezentate la Conferința a VI-a Mondială de Energie de la Melbourne, 1962) putând realiza o producție anuală de energie de 33.000 miliarde kWh/an – tabel 6.1 – (R. Prișcu).

Potențialul tehnic amenajabil este de 1.700.000 MW, cu o producție de 15.000 miliarde kWh (deci 45% din potențialul teoretic linear); Asia se înscrie cu cel mai mare potențial.

În anul 1965, uzinele hidroelectrice au produs 900 miliarde kWh, adică 26% din producția de energie mondială (de circa 3.410 miliarde kWh); aceasta înseamnă mai puțin de 10% din potențialul economic amenajabil mondial. Într-o serie de țări ca Norvegia,

Elveția, Suedia, Portugalia, Canada, energia hidroelectrică reprezintă 80% din producția totală de energie electrică.

**Tabelul 6.1.** Repartiția potențialului energetic pe zone geografice

Continental sau regiunea	Suprafața, mil. km <sup>2</sup>	Potențial teoretic		
		MW	%	kW/km <sup>2</sup>
Africa	30,4	720.000	19,0	23,7
America de Nord	24,4	700.000	18,5	34,3
America de Sud	18,2	620.000	10,0	34,1
Asia	44,7	1.330.000	35,0	29,8
Australia	7,0	170.000	4,5	22,4
Europa	9,8	240.000	0,5	24,5
Regiuni polare	12,4	20.000	0,5	
Total	145,0	3 800 000	100,0	

Dacă până la sfârșitul sec. XX accentul se punea pe realizarea de uzine hidroelectrice de mare și foarte mare putere (tabelul 6.2), în etapa actuală se acordă suficientă importanță și microhidrocentralelor electrice, (atât pentru țările în curs de dezvoltare cât și pentru cele puternic industrializate), precum și corelările acestora cu irigațiile.

**Tabelul 6.2.** Uzinele hidroelectrice de mare putere ( $P > 2\,000\text{ MW}$ )

Nr. crt.	Denumirea HE	Țara	(MW)
1	Krasnoiarsk	U.R.S.S.	6.000
2	Churchill Falls	Canada	5.250
3	Bratsk	U.R.S.S.	4.500
4	John Day	S.U.A.	2.700
5	Nurek	U.R.S.S.	2.700
6	Volgograd	U.R.S.S.	2.576
7	V.I. Lenin	U.R.S.S.	2.300
8	Portage Mountain	Canada	2.300
9	Assuan	Egipt	2.100
10	Porțile de Fier	România și Iugoslavia	2.050

Dezvoltarea hidroenergeticii în România se poate urmări din graficul prezentat în figura 6.38, pentru perioada 1950-1980, ritmul anual reprezentând 10,20% (R. Prișcu).

În anul 1938, puterea instalată în țară era de 500.000 kW, cu o producție de energie de 1,13 miliarde kWh, revenind 72 kWh/ an/loc. producția de energie specifică. În 1950 producția de energie era de 3,11 miliarde kWh, cu 130 kWh/an și loc.

Pentru etapa 2000 se prevede a se dispune de 13 milioane kW cu o producție de energie de 38 mld. kWh (A. Cogălniceanu).

În perspectivă, se vor realiza importante uzine hidroelectrice de derivație, cu mari acumulări în zona

superioară, pentru ca ulterior să se realizeze și uzine cu acumulări prin pompare, ca centrale de intervenție și rezervă în apropierea cerințelor mari de consum.

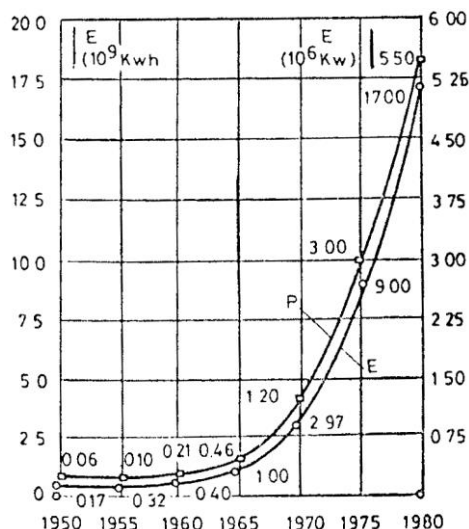


Fig. 6.38. Dezvoltarea hidroenergeticii în România:  
P – puterea și E – energia.

Pe cursul mijlociu și inferior al unor râuri cu potențial ridicat continuă să se amenajeze cascade de căderi mai mici, valorificând debitele regularizate în acumulările din amonte (exemplu cascada de pe Olt, care beneficiază de regularizarea de pe Lotru și cea de pe Siret, care beneficiază de acumulările de pe Bistrița). Apele acumulate, după uzinare (HE), vor fi folosite pentru irigații în spațiile „Olt-Argeș” și „Siret-Ialomița”. Paralel cu acțiunile hidroelectrice ce se desfășoară pe râurile interioare, pe Dunăre continuă amenajările din zona Porților de Fier II, precum și studiile în aval.

Marele interes pe care-l prezintă hidroenergetica în societatea angajată în plină dezvoltare tehnico-economică și cu independență energetică, reliefează nece-

sitatea elucidării și optimizării a o serie de probleme, tehnici, tehnologii și echipamente, pentru care modelările, experimentările și informațiile sunt extrem de utile.

– Politica energetică a întregii omeniri este confruntată cu o revizuire radicală, atât cu privire la consum, cât și cu privire la valorificarea altor resurse energetice, pentru asigurarea independenței energetice.

Această politică se bazează în special pe dezvoltarea energiei nucleare și a resurselor hidroelectrice, cu reducerea aportului centralelor termice. După anul 2000, alături de energia hidraulică ocupă un loc de frunte energiile: eoliană, solară și geotermală.

Amenajările râurilor, în scop complex, includ și rezolvarea problemei energetice, în unele cazuri aceasta fiind declanșatoarea acțiunilor. Exemplele oferite de formula Rhôn (Legea din mai 1921), prin care avantajele energetice (hidro) au deschis drum navigației și irigațiilor, ca și amenajarea râurilor interioare din țara noastră (Bistrița, Ialomița, Sadu, Lotru, Argeșul, Someșul Cald, Oltul, Siretul și Dunărea) sunt edificatoare. Astfel, cascada hidroelectrică, realizată pe R. Bistrița (fig. 6.39), începând cu anul 1951, a condus, pe lângă obținerea de energie, și la atenuarea undelor de viitură, crearea posibilităților de irigații (circa 400.000 ha, în NE Bărăganului), alimentări cu apă și turism.

Amenajarea Dunării, la Porțile de Fier (fig. (6.40), după R. Prișcu), a creat de asemenea, pe lângă cele 10 miliarde kWh energie (la  $Q_{inst} = 8.610 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $H = 27,16 \text{ m}$ ;  $P_i = 2.100 \text{ MW}$ , cu construcțiile și instalațiile:  $H_{baraj} = 60 \text{ m}$ ;  $L_{baraj} = 441 \text{ m}$ ; două centrale hidroelectrice cu câte 6 turbo-generatore cu turbine Kaplan de 175 MW fiecare; 2 ecluze în două trepte având  $L_{sas} = 310 \text{ m}$ ,  $l_{sas} = 34 \text{ m}$ ,  $h$  peste prag = 4,5 m) și condiții optime pentru navigația fluvială, care asigură tranzitul a 50 milioane

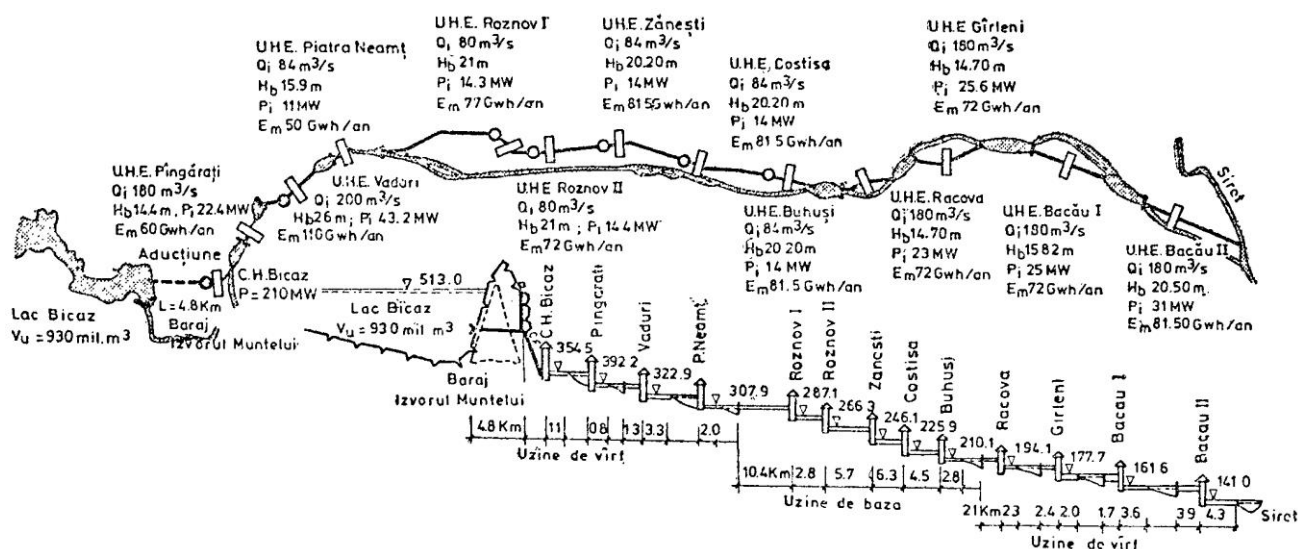


Fig. 6.39. Cascada hidroenergetică de pe râul Bistrița.

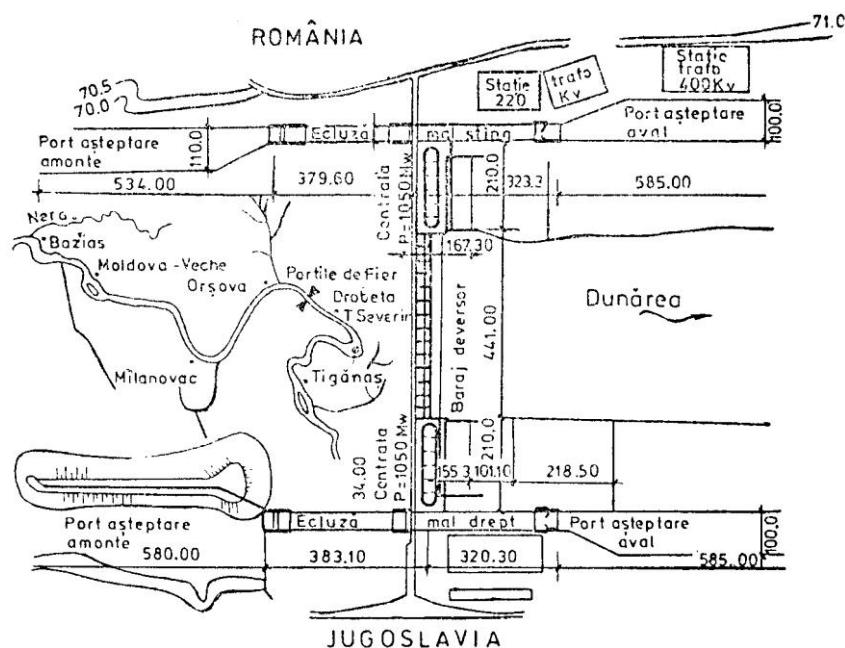


Fig. 6.40. Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier.

tone aval (față de 10 milioane tone posibile în regim neamenajat-nebarat).

Prin această amenajare, suplimentară cu cea de la Porțile de Fier II, au sporit considerabil și condițiile de irigare a marilor unități naturale din Câmpia Română.

#### 6.2.4. STUDII, CERCETĂRI, SOLUȚII DE CHE ÎN CONTEXTUL IRIGAȚIILOR

În cadrul amenajărilor complexe, în care se înscriu și cele hidroenergetice, se urmăresc câteva obiective specifice, cum ar fi: reducerea pierderilor de energie pe sectoarele de râu și concentrarea căderilor disponibile, pe sectoare scurte, pentru producerea energiei. Studiile se pot întreprinde pentru categorii de soluții clasice, cu centrale mari (ex. fig. 6.41, a, b, c, d), ca și pentru rețele de centrale proprii sistemelor de irigații zonale (cu aducțiuni și distribuții gravitaționale și cu producere de energie), sau centrale de căderi mici, centrale marelui-motrice ș.a.

În funcție de posibilitățile de concentrare a căderii se diferențiază amenajări tip: a) uzină-baraj; b) derivații; c) mixte – cu baraj și derivație.

– Un complex hidroenergetic extrem de încheșat, și cu mari implicații economico-sociale, îl constituie amenajarea „Lotru – Olt” (fig. 6.42), care pe lângă

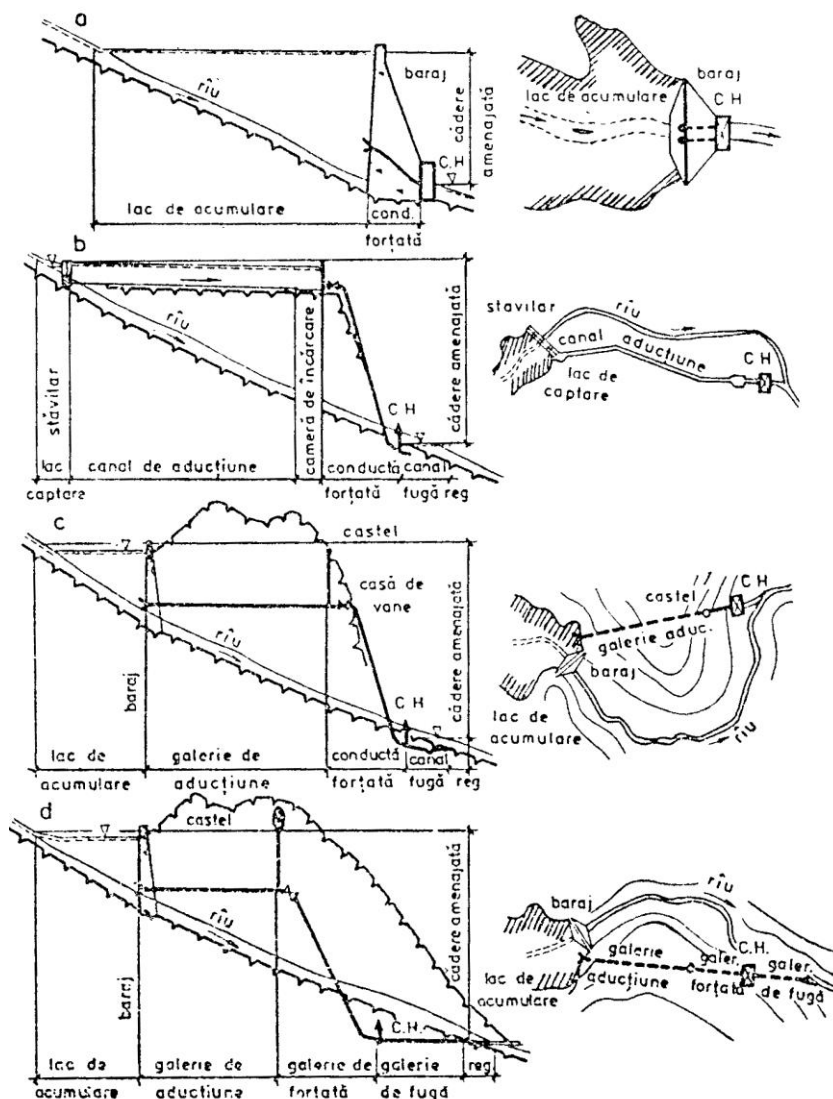


Fig. 6.41. Scheme de soluții de amenajare HE: a) uzină baraj; b) uzină de derivație; c) uzină mixtă, cu baraj de derivație; d) uzină mixtă, subterană.

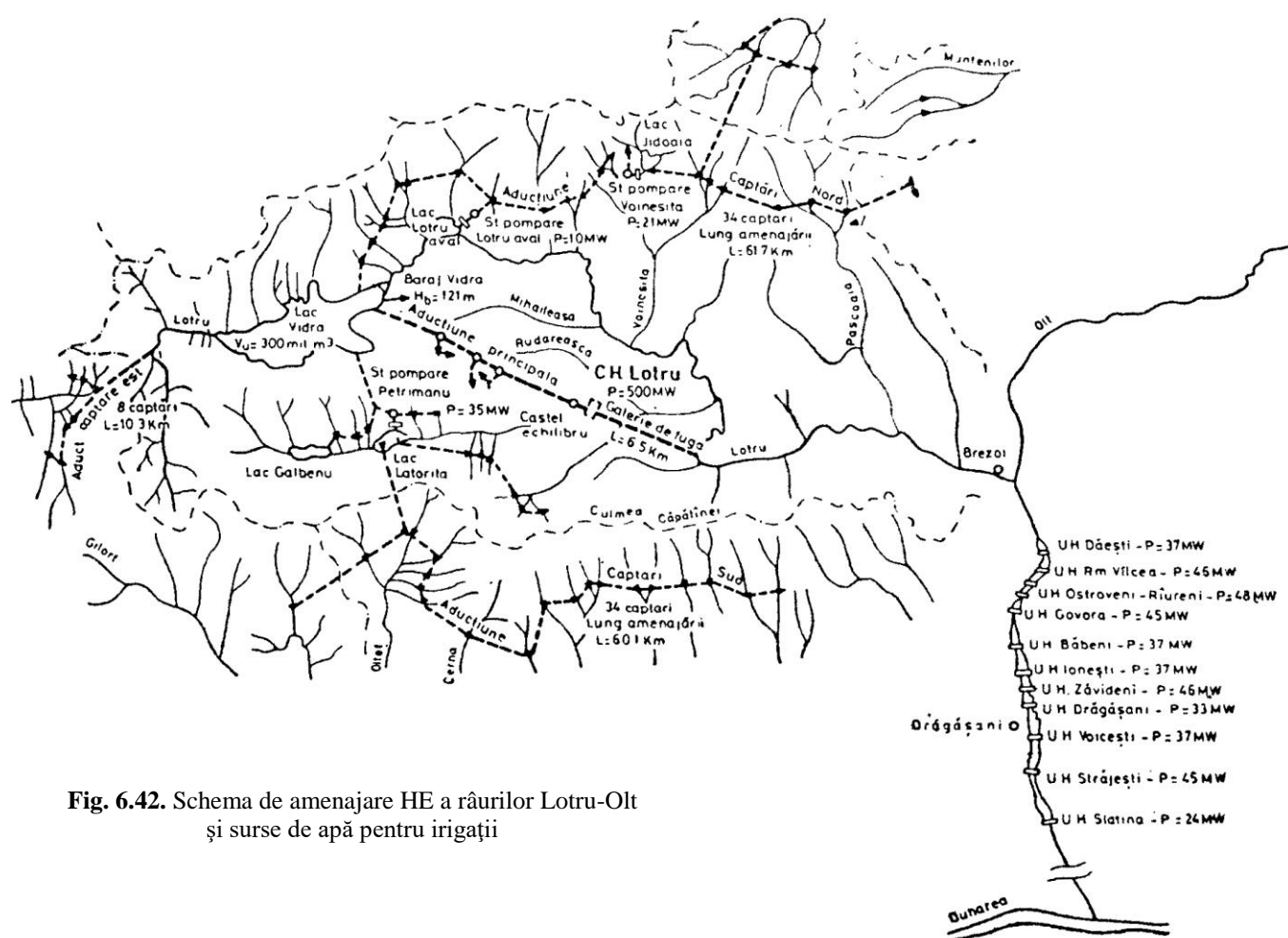


Fig. 6.42. Schema de amenajare HE a râurilor Lotru-Olt și surse de apă pentru irigații

producția mare de energie electrică va asigura și condiții pentru irigarea unei suprafețe de peste 800 000 ha în sectorul Dăești-Dunăre.

– UH Lotru ( $P_i = 500$  MW și Prod. = 900 mil kWh/an) utilizează potențialul R. Lotru și al afluenților, pe o diferență de nivel de 809 m. Amenajarea Lotru este organizată pe două sectoare: pe firul principal (cu barajele Vidra –  $H_B = 121$  m,  $V_a = 340$  mil.  $m^3$ , cu 3 turbine Pelton 170 MW fiecare) și pe sistemul de captări și aducțiuni secundare (care suplimentează debitul captat cu 11  $m^3/s$  și asigură 73% din stocul de apă uzabil).

– Amenajările de pe R. Olt includ o cascadă de 31 HE pe sectorul Făgăraș – Dunăre, cu o putere instalată de 1 mil. kW și o producție de energie de 2,8 miliarde kWh; volumul total acumulat în lacurile din sectorul Dăești – Dunăre (cu 19 HE) va fi de 360 mil.  $m^3$ , iar suprafața irigabilă se estimează în total (Lotru și Olt) la circa 800.000 ha.

Cele prezentate până aici evidențiază noua orientare în amenajarea hidraulică, care avea, în general, în trecut un singur obiectiv, de exemplu valorificarea energiei hidraulice, pentru ca în prezent aceste amenajări să se execute în scop multiplu: energie, crearea de

rezerve de apă pentru alimentări cu apă, irigații, piscicultură, proiecția mediului, regularizarea râului torențiale navigație ș.a.

În acest scop, în lume se elaborează modele de gestiune care iau în considerație, alături de informațiile (inclusiv previziunile) hidrologice și cerințele de dezvoltare a tuturor sectoarelor economice, dominate de amenajările hidroelectrice respective. Evoluția este deci, peste tot în lume, către amenajări complexe. Sunt remarcabile în acest sens amenajările din complexul bh Vasch – Amudaria (fosta U.R.S.S), Plovdiv – Pasardjik – fluviul Marița (Bulgaria), Rhôn – Durançe (Franța), Steagul Roșu – Lin-Xian (China), axate prioritar pe hidroenergie și irigații.

Este cazul de evidențiat soluția hidroenergetică și pentru irigații a Sistemului Belmeken – Sestrimo (fig. 6.43). Acumulările hidroenergetice și pentru irigații din acest sistem, primind apa prin centuri de canale de interceptie de pe versanți, au apă în tot cursul anului, chiar și în perioadele secetoase.

Acest sistem hidrotehnic fiind reprezentativ prin soluția unitară „hidroenergie – irigații”, va fi prezentat pe scurt. Cascada hidroenergetică Belmeken – Sestrimo (prin care se termină alimentarea gravitațională cu

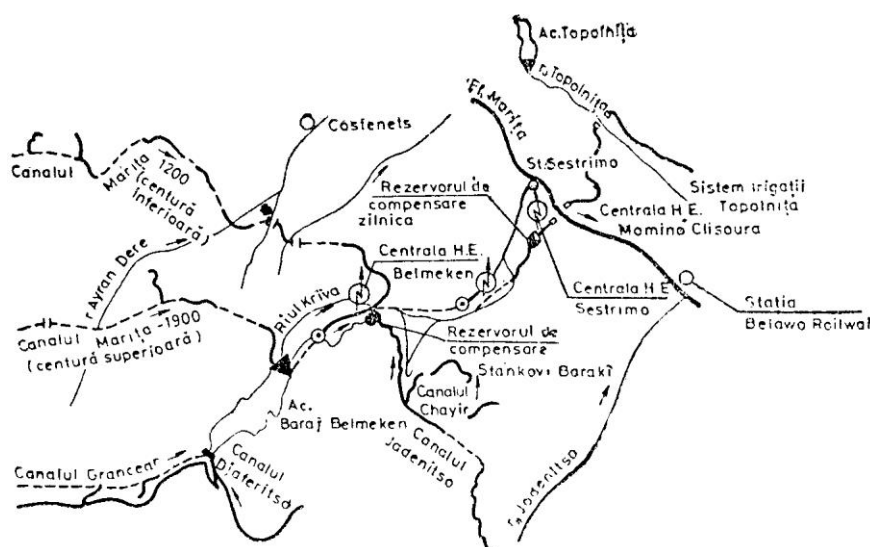


Fig. 6.43. Schema sistemului Belmeken – Sestrîmo.

apă a marelui sistem de irigații Topolnîța) utilizează apele râurilor Mestra și ale canalelor de centură, Marița, care-și au izvoarele în versanții N-E și S ai masivului Rila.

Bazinul versant, care asigură apa prin trei centuri de canale zonale, ca și prin râurile locale, cuprinde o suprafață de 473 km<sup>2</sup> (fig. 6.43).

Prin cele 269 prize de apă ale celor 3 centuri zonale de captare – alimentare (Grăncear, Djaferitso, Marița – 1999, Jadenitso, Chayir, Marița – 1200) se

aduce anual un volum de 358 milioane m<sup>3</sup> apă în cascada Belmeken – Sestrîmo. Acest volum de apă reprezintă 91% din scurgerea totală din acest bazin.

Lungimea totală a canalelor de captare – alimentare este de 272 km, din care 73 km sunt tuneluri. Volumele de lucrări reclamate au fost de: 4.835.000 m<sup>3</sup> terasamente deschise – debleu, 687.000 m<sup>3</sup> terasamente în tunel, 702.000 m<sup>3</sup> betoane, 673.000 m<sup>3</sup> cofraje, 5.200.000 m<sup>3</sup> ramblee. Se mai adaugă: 62 km impermeabilizări de canale prin betonare, cu turnare pe loc; 128 km canale prefabricate de beton; 63 km tuneluri fără presiune; 6,6 km tuneluri sub presiune, 5,6 km dăchere.

Cascada energetică Belmeken – Sestrîmo cuprinde un baraj (Belmeken) și 3 centrale hidroelectrice (fig. 6.43) cu o putere totală de 755.000 kW. Apa acestei cascade HE irigă 60.000 ha în complexul Plovdiv – Pazardjik, sistemul Topolnîța.

În secțiunea din figura 6.44 se pot citi poziția, cota și modul funcțional al relațiilor: baraj – contrabaraj – acumulare – rezervor compensare canale zonale de captare alimentare – hidrocentrale și volume acumulate.

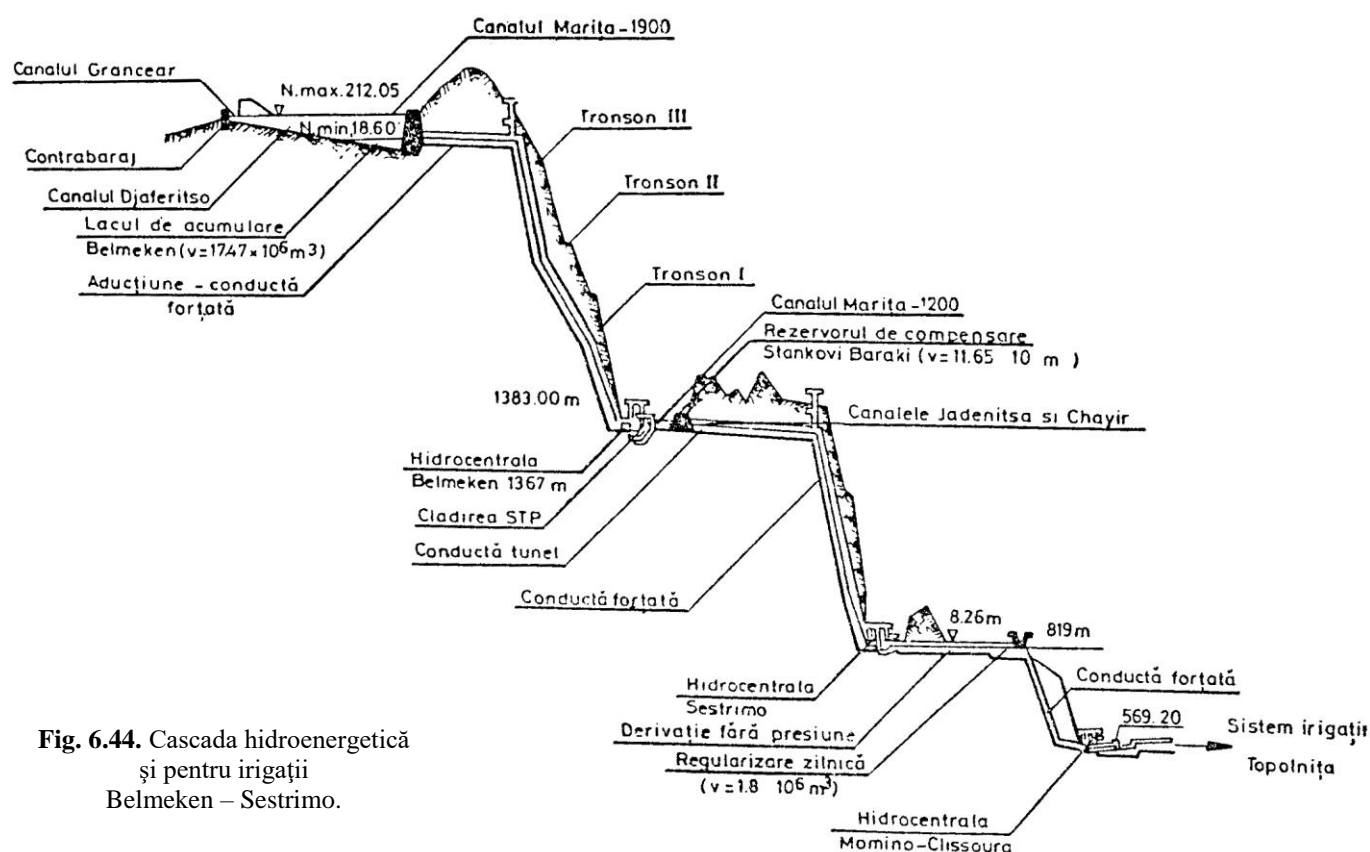


Fig. 6.44. Cascada hidroenergetică și pentru irigații Belmeken – Sestrîmo.

Barajul Belmeken este din anrocamente, cu nucleu din argilă; are o înălțime de 98 m și o lungime la coronament de 735 m. Lățimea maximă la bază este de 100 m, iar volumul rambleului este de 1 milioane  $m^3$ .

Volumul de apă înmagazinat este de 145 milioane  $m^3$  anual, se tranzitează prin lac 358 milioane  $m^3$ . Lacul de acumulare este limitat, spre coada lui, printr-un contrabaraj cu înălțimea de 30 m, care barează valea de sud-vest.

Alimentarea cu apă a acumulării barajului Belmeken se face în principal prin cele două centuri superioare de canale zonale de captare-alimentare.

Centura I – superioară cuprinde canalul Grâncear (pe stânga) și canalul Djaferitsa (pe dreapta).

Canalul de alimentare Grâncear se află la cota 2.000 m, are o lungime de 51,6 km și transportă un debit de 23,24  $m^3/s$ , un volum anual de 85,5 milioane  $m^3$ , de pe un bazin de recepție propriu de 82,3  $km^2$ , prin intermediul a 61 prize de apă. Acest colector zonal primește și apele canalelor de adâncime Monastriska, Iliena și Bistrița, în lungime totală de 82 km (din care 20 km sunt tunele), de pe un bazin de recepție de 76,8  $km^2$  prin intermediul a 88 prize de apă.

Volumul anual de apă adus de aceste 3 canale este de 85 milioane  $m^3$ .

Canalul de alimentare Djaferitsa face parte tot din centura superioară – care alimentează pe dreapta acumularea Belmeken, cu un volum anual de 3,3 milioane  $m^3$  apă, colectată prin 15 prize de pe un bazin versant de 4  $km^2$ . Canalul are o lungime de 10,5 km și un debit de 0,55  $m^3/s$ .

Centura II – cuprinde Canalul Marița 1900, în lungime de 25 km (din care 16 km tuneluri), care colectează, prin 18 prize, apa de pe un bazin hidrografic de 67,7  $km^2$ . Cu un debit de 12  $m^3/s$ , acest canal alimentează acumularea Belmeken cu un volum anual de 73 milioane  $m^3$  apă.

Centrala hidroelectrică Belmeken este amplasată în regiunea Stankovi – Baraki și este alimentată direct din lacul de acumulare aferent barajului Belmeken cu un debit instalat de 60  $m^3/s$  și o cădere de 937 m. Elementele componente sunt: priza de apă la baraj, un tunel sub presiune lung de 3.000 m, un turn de echilibru cu o înălțime de 90 m, o conductă forțată subterană lungă de 2.100 m și clădirea hidrocentralei cu 5 agregate, din care două sunt reversibile. Hidrocentrala funcționează, de asemenea, și pentru pompare de acumulare. Puterea totală instalată este de 375.000 kW, iar producția anuală de energie electrică este de 570 milioane kWh.

Bazinul de compensare Stankovi – Baraki are un regim de regularizare zilnică. Barajul, construit din anrocamente, are o înălțime de 90 m și un volum (al

rambleului) de 153.000  $m^3$ . În acest bazin aduce apă și centura inferioară de canale zonale: Marița 1200, Chayir și Jadenitsa.

Centrala hidroelectrică Sestrimo este amplasată amonte de localitatea Sestrimo, are un debit instalat de 62  $m^3/s$ , o cădere de 554 m, un tunel sub presiune lung de 3.000 m, conductă forțată subterană de 1.400 m.

Echipamentul hidrocentralei este format din 2 grupuri cu o putere instalată de 260.000 kW și o producție anuală de energie de 144 milioane kWh.

Centrala hidroelectrică Momina – Clissoura urmează hidrocentralei Sestrimo. La ieșirea din hidrocentrală, apa este condusă printr-un canal deschis trapezoidal ( $Q = 56,90 m^3/s$ ;  $L = 2.490 m$ ) într-un rezervor de compensare ( $V = 200.000 m^3$ ), iar din acesta, printr-o conductă forțată subterană ( $\varnothing = 4 m$ ;  $L = 1.260 m$ ) la cele două turbine ale hidrocentralei. Puterea totală a HE este de 120 000 kW, iar producția anuală este de 210 milioane kWh. Căderea exploatată este de circa 250 m, iar debitul de 56,6  $m^3/s$ .

Studiile și cercetările pentru amenajările hidroelectrice se referă la condițiile și tehnicile de *producere* (1), *transport* (2) și *distribuție* (3) a energiei, cu aspectele financiare respective.

Pentru transport și distribuție se studiază concepția și structura rețelilor din punct de vedere al tensiunilor, proiecțiilor și stabilității dinamice a rețelilor.

În funcție de condițiile climatice, de mediu – echipare – densitate (rural – urban), atât de diverse, se studiază dispariția și adaptarea construcțiilor de linii aeriene sau subterane și posturile de transformare.

Studiile vizează, de asemenea, cerințele specifice gestiunii și exploatării instalațiilor în regim automatizat.

*Studiul de ansamblu* al amenajărilor hidroelectrice vizează în primul rând inventarierea și punerea în valoare a resurselor hidroelectrice care sunt destul de importante pe glob, în diferite țări, dar care sunt puțin valorificate și în unele zone insuficient exploatate.

Punerea în valoare a acestor resurse se analizează diferit și după gradul de echipare al țării respective.

Acolo unde există echipament și condiții tehnico-economice și au fost valorificate căderi importante, contează valorificarea căderilor mici care pot completa cerințele de extindere a rețelilor.

În zonele și țările cu preocupări noi în acest domeniu, studiile trebuie să înceapă prin: inventarierea amplasamentelor, analiza cerințelor potențiale, planificarea producției, distribuția la consumatori (concentrați sau dispersați, cu activități agroalimentare, industriale) cu programarea investițiilor necesare etc.

– *Studiul lucrărilor clasice* se referă la concepția și construcția barajelor, cu fiabilitatea și eficiența pen-



tru: baraje de retenție și baraje pe firul apei (cu scop de: controlul viiturilor, irigații, alimentări cu apă, producerea de energie ș.a.), în condiții climatice, hidrologice și geologice locale.

– *Cercetările pentru tehnologii noi* vizează: optimizarea stocului de apă disponibil și a fluxului (în cazurile respective), utilizarea energiei valurilor și a mareelor etc. Acestea au dezvoltat centralele de acumulare energiei prin pompare, care utilizează, în orele de consum scăzut, electricitate nehidraulică, cu debit (de energie) puțin modulabil (producția centralelor nucleare în special), reconstituind resursele hidraulice care pot fi mobilizate în orele de consum de vârf.

În categoria tehnologiilor noi se înscriu și cercetările pentru realizarea de hidrocentrale prefabricate (SOGREAH – Franța și HIDROPROIECT – Moscova), ca și de microhidrocentrale de tip artizanal (de putere slabă, cu minimum de întreținere și de mare, fiabilitate).

La problematica de mai sus, în studiile speciale se încadrează și problemele privitoare la baraje și energie, centrale speciale și microcentrale ș.a.

### 1° Baraje și energie

Soluția amenajării, ca și a fiecărui element, dificil de fundamentat numai prin calcul, poate beneficia de aportul metodelor, care permit să se ajungă la soluții optime, cu costuri rezonabile, luându-se în considerare securitatea ce se asigură.

Aceasta se referă atât la barajele de mare cădere, cât și la cele de pe firul apei, precum și la construcțiile de utilizare a energiei mareelor.

În mare măsură studiile pe modele pot fixa soluțiile de prevenire și reducere a fenomenelor de degradare a retențiilor (exemplu prin colmatare).

Centralele termice clasice ca și cele nucleare beneficiind în foarte mare măsură de amenajările hidrotehnice, prin debitele considerabile de apă pe care le reclamă, sunt interesate, de asemenea, în valorificarea modelelor reduse.

– *Colmatarea lucrărilor de acumulare și stabilitatea versanților* acestor lacuri sunt probleme comune tuturor amenajărilor de baraje.

– Studiul celor două fenomene – *colmatarea și alunecarea* – cu cauze diferite și consecințe asemănătoare asupra reducerii volumului de acumulare, se poate efectua pe teren, precum și pe modele reduse, pentru:

- estimarea transportului solid și rata colmatării;
- fixarea măsurilor destinate să prevină, să reducă sau să evacueze sedimentele din lac (ca dragajul, metode ce folosesc curenți de densitate sau dispozițiune de golire de fund, sifonare prin baraj ș.a.);
- estimarea timpului în care s-ar putea colmata

total lacul, fără a se lua în considerare măsurile de prevenire a aluvionării, în scopul de a se evita surprizele, în cazul în care măsurile prevăzute nu s-ar dovedi eficiente;

– estimarea acțiunilor de instabilitate a versanților prin alunecare, prin acțiunea valurilor, prin prăbușirea terenului ca urmare a îmbibării cu apă;

– aprecierea undelor provocate de alunecările masive de teren în lac;

– estimarea vitezei de alunecare a versanților din momentul în care mișcarea s-a declanșat, fenomen legat de formarea și propagarea undei ș.a.

Aspectele de mai sus, ce pot fi apreciate prin studiul pe modele reduse, au rolul de a fixa soluția constructivă de baraj și condițiile tehnice de exploatare.

Volumul de colmatare și reducerea acestuia afectează aspectul economic al lucrării, în timp ce mărimea și viteza alunecării afectează siguranța barajului.

Pentru *baraje de mare cădere*, care înmagazinează cantități enorme de energie, studiile pe modele reduse pot conferi proiectantului date sigure pentru elaborarea soluției proiectului de execuție.

Dacă la nivel de faze preliminare ale proiectului de execuție pot fi folosite, în baza unei anumite experiențe, studiile pe planuri, la nivel de proiect de execuție sunt indispensabile studiile pe modele, pentru a se putea preciza diversele soluții constructiv funcționale ale: evacuatorilor de ape mari, golirilor de fund sau intermediare, sistemelor de disiparea energiei, a fenomenelor de afuiere cu măsurile de protecție ș.a. În studiul pe modele reduse, trebuie să se acorde mare atenție zonei din aval de construcție, condițiilor și mijloacelor de tranzit a aluviunilor.

Pentru amenajarea complexă Khashm el Girba – Sudan, s-au întreprins studii pe modele reduse asupra structurilor hidraulice, batardourilor provizorii și implantării uvrajelor.

Au mai fost, de asemenea, efectuate studii asupra lucrărilor de ordin geologic, construcții de geniu civil, echipament hidroelectric ș.a., precum și cele cerute de amenajările de irigații (ce valorifică apa acumulată).

La studiul marilor baraje (este valabil și pentru barajele de mică cădere) se evaluează și riscurile, luându-se în considerare:

– natura, dimensiunile și situația geo-geografică, cu eventualele intervenții externe, insuficient cunoscute în prima fază a proiectării (sau dacă e cazul pentru studiul unui baraj vechi aflat în exploatare, înainte de realizarea acestuia);

- măsurile de urmărire și evaluare a siguranței;
- măsurile de securitate a populației (cu aspecte tehnice sociale și administrative).

Modelele reduse, prin progresele realizate permit să se reproducă, cu o similitudine satisfăcătoare, fenomenele care prin cercetare pot fixa mijloacele cele mai economice pentru stăpânirea și controlul lor.

Pentru baraje de pe firul apei (din zona inundabilă), care în aparență reclamă lucrări simple, ce se pot soluționa prin studii pe planuri, apar totuși probleme extrem de dificile pentru proiectant, care nu pot fi rezolvate optim fără studii pe modele.

Astfel, implantarea lucrărilor în albia râului și în lunca inundabilă ridică frecvent probleme dificile de fundare, pot fi evidențiate ca probleme de modelare: studiul profilelor generale ale uvrajelor, stabilirea condițiilor de manevrare, cu scopul de a se menține nivelurile amonte; măsurile de evitare a afilierilor și colmatărilor etc. Aceste probleme, ca și altele de acest gen, sunt proprii fiecărui uvraj și nu pot fi soluționate optim decât cu ajutorul studiilor pe modele reduse, la scări care să permită luarea în considerare a ansamblului de parametri care pot defini soluțiile sigure, eficace și simple.

În general, studiul de implantare a ansamblului de lucrări și a debitelor de viitură se efectuează în laborator la scări 1/100.

Contribuții deosebite, în studiul și realizarea unor baraje ce înscriu caracteristici de primariat (ca dimensiuni și concepții constructive) a adus HIDROPROIECT – Moscova, de exemplu:

- pentru amenajarea HE Nurek de pe R. Vakch (Amudaria), s-a realizat barajul Nurek, cel mai înalt din lume (310 m), din materiale locale (vol. = 58 mil. m<sup>3</sup> – anrocamente și pământ, cu nucleu de argilă). Capacitatea de retenție este de 10.500 mil. m<sup>3</sup>,  $P_i = 2,7$  mil. kW;
- barajul în arc ( $H = 271$  m și  $l = 785$  m) al UHE Inguri, realizat în condiții de fundare dificile;
- barajul în arc pentru UHE Chirkei ( $H = 236$  m), realizat în zonă cu grad ridicat de seismicitate;
- complexul hidroenergetic Timleansk – prima structură pe teren de fundație nisipos din fosta U.R.S.S. cu debit 35 m<sup>3</sup>/s pe metru de risbermă; |
- amenajarea HE Minguechaur – pe R. Kura, cu  $H_b = 80$  m și volumul de retenție 16.070 milioane m<sup>3</sup>, a format obiectul unor ample studii și proiecte, amplasamentele complexului fiind dificile;
- pentru amenajarea HE Asuan – Egipt, pe fluviul Nil, HIDROPROIECT a desfășurat timp de mai mulți ani (din 1960), un important volum de studii – experimentări și proiecte, datorită faptului că soluția a fost unicat. Pentru prima dată în practica mondială o clădire a UHE, înglobată în corpul barajului, a fost construită pentru o sarcină de 72 m.

Realizarea Complexului hidroenergetic Saratov a confruntat sectorul de cercetare al Institutului HI-

DROPROIECT cu probleme cu grad ridicat de dificultate.

Pe Ungă problemele curente (de fundație, de descărcare a debitelor maxime, de disipare a energiei în bieful inferior, de reducere a infiltrației – dimensionarea conturului subteran – de închidere a albiei etc.), au intervenit aici și probleme înscrise de folosirea prefabricatelor din beton armat (1960).

La noi în țară, fixarea soluțiilor unor mari amenajări hidroenergetice și de navigație (Porțile de Fier I și II, Stânca-Costești, Lotru și Olt-Siriu, Canal Dunăre – Marea Neagră ș.a.) a fost posibilă în baza unor ample studii pe modele întreprinse de institutele de cercetări și proiectări de profil, ca și de catedrele unor institute politehnice și de construcții (I.C.H., I.S.P.H., I.P.T., I.P.I., I.C. București ș.a.).

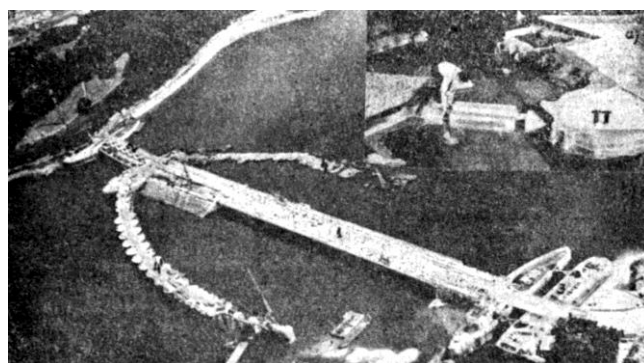
## 2° Centralele hidroelectrice acționate de maree\*

Studiul pe modele reduse urmărește să fixeze soluțiile de implantare și să definească și dimensiunile uvrajelor.

Centrala mareo-motrice Rance s-a amenajat (1966) pe micul fluviu Rance, care se varsă în mare pe coasta bretonă, prin intermediul unui mare estuar, de peste 20 km lungime (fig. 6.45).

Amplitudinea medie a mării este de 8,5 m, valoarea maximă fiind de 13,50 m. Centrala și barajul sunt situate la 4 km în interior.

Dispoziția generală a uzinei, barajul, trecerile deversante comandate prin vane și ecluza (cu o lățime de 13 m), ca și de montare a celulelor batardoului, se văd în figura 6.45.



**Fig. 6.45.** Centrala mareo-motrice Rance: a) modelul hidraulic; b) realizarea soluției; 1 – barajul; 2 – centrala; 3 – ecluza; 4 – batardouri (în curs de dezafectare).

Puterea maximă instalată a uzinei este de 240 MW, producând anual prin cele 24 grupuri – bulb (de egale dimensiuni) 500 x 10<sup>6</sup> kWh.

\* Unele referiri ar privi și CHE valorificând energia valurilor mării. Problema interesează și în acțiunea de cooperare.

Grupurile – bulb sunt concepute pentru a funcționa ca turbine sau pompe în cele două sensuri de curgere, sau „în orificiu”, permițând scurgerea bazinului spre mare, sau în sens contrar. Acest ultim mod de exploatare se impune când este vorba să se producă energie de vârf optim.

Aceste aspecte de exploatare direcționează tematica studiilor pe planuri și modele reduse:

- evaluarea potențialului energetic, amplitudinea mareelor, dimensiunile, bazinului, puterea în diferite variante de curgere a apei; determinarea puterii instalate optime a amenajării;

- caracteristicile fizice ale amplasamentului (lungimea lucrărilor de închidere, caracteristicile geologice și topografice) și ale uvrajelor (barajul, centrala, puțurile vanelor cel mai adaptabile);

- caracteristicile lucrărilor provizorii (batardouri, lucrări deversante, prefabricate), cu condițiile de exploatare;

- evaluarea costului lucrărilor (de construcții, electromecanice); determinarea raportului beneficiu/cost ș.a.

### 3° Microcentrale

Studiile arată în primul rând rolul microcentralei, cunoscut fiind faptul că se pot prezenta următoarele două funcțiuni, care diferențiază:

- micro-centrale de tip I – cu alimentarea puterii maxime furnizată de centrală, într-o rețea existentă;
- micro-centrale de tip II – cu alimentarea unei mici rețele (exemplu unu sau două sate) neinterconectate cu rețeaua principală.

Analiza celor două situații implică două grupe de considerații tehnico-economice; stadiul dezvoltării economice a unui teritoriu, prezența rețelelor complete energetice, apropierea surselor de energie fiind determinante în alegerea soluției.

Ca amplasare, microcentralele pot ocupa poziții favorabile pe cursuri de apă (fig. 6.46) sau implantate în rețele de aducțiune și distribuție cu destinații speciale, ca de exemplu pentru irigații (fig. 6.47).

Amenajarea de microcentrale implantate în derivarea canalelor de irigații sau râuri comportă grupuri de tip bulb, pentru căderi relativ mici; pentru amenajări trebuind să funcționeze pe căderi mai mari – grupuri Kaplan, sau Pelton – pentru căderi foarte mari.

În figura 6.48 se exemplifică două soluții de accesul apei la turbine, din râu (canal): – prin intermediul unei conducte forțate (1) sau direct (2).

Cu privire la amplasarea și echipamentul micro-centralei, studiile se referă la situația topografică, geologică și hidrogeologică, respectiv la alegerea, montarea și punerea în funcțiune a echipamentului.

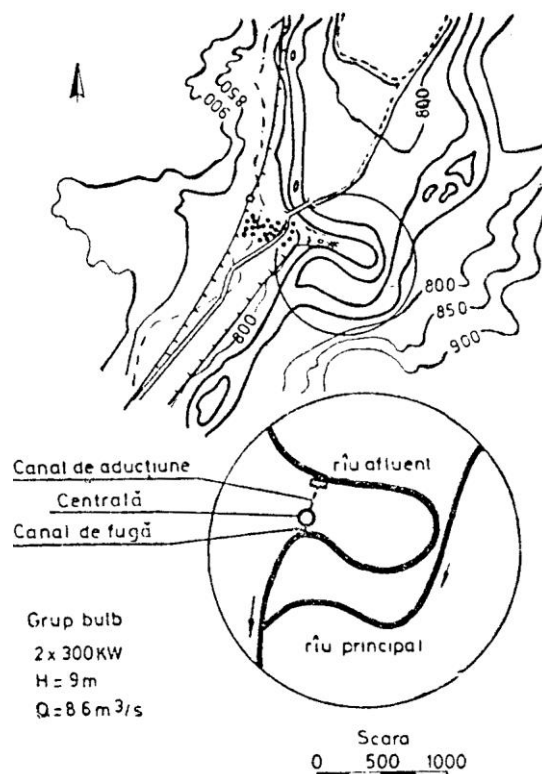


Fig. 6.46. Schema amplasării unei microcentrale pe o derivație a unui râu.

### 4° Înscrierea centralelor clasice și nucleare în soluția hidrotehnică a canalelor magistrale de navigație-irigații

Studiile cu caracter hidrotehnic au importanță destul de mare avându-se în vedere debitele foarte mari de apă pe care le solicită aceste centrale, precum și condițiile de amplasare și exploatare, vizavi de marile prejudicii ce pot fi aduse în caz de defecțiuni la prizele de apă, ca și la evacuări.

Avându-se în vedere acțiunile ce se întreprind în țară, în acest domeniu, se vor da în continuare unele date informative privind corelarea soluțiilor de irigare – navigație și centrale termo și atomo-electrice. În cele mai frecvente cazuri aceste centrale valorifică – pentru amplasare – condițiile create de realizarea sau existența unui canal de navigație, de irigație sau cu folosințe complexe (exemplu Centrala nucleară electrică (CNE) Cernavodă, Centrala nucleară Bugey sau Fessenheim).

În studiile pe modele reduse ( $S = 1/50 - 1/125$ ) și pe modele matematice se urmărește găsirea unor soluții optime de priză de apă (de răcire a CNE), de traseu și de formă de racord a canalului de ocolire (în cazul navigației cu ecluze), de condiții de acces uniform al apei la stația de pompare amplasată pe canalul de priză, de încălzire pe timp de iarnă a apei prelevată de către CNE din canalul magistral, de protecție a prizei de apă contra proceselor de aluvionare și eroziune, de descărcare a apei calde în perioade fără sau cu viituri etc.

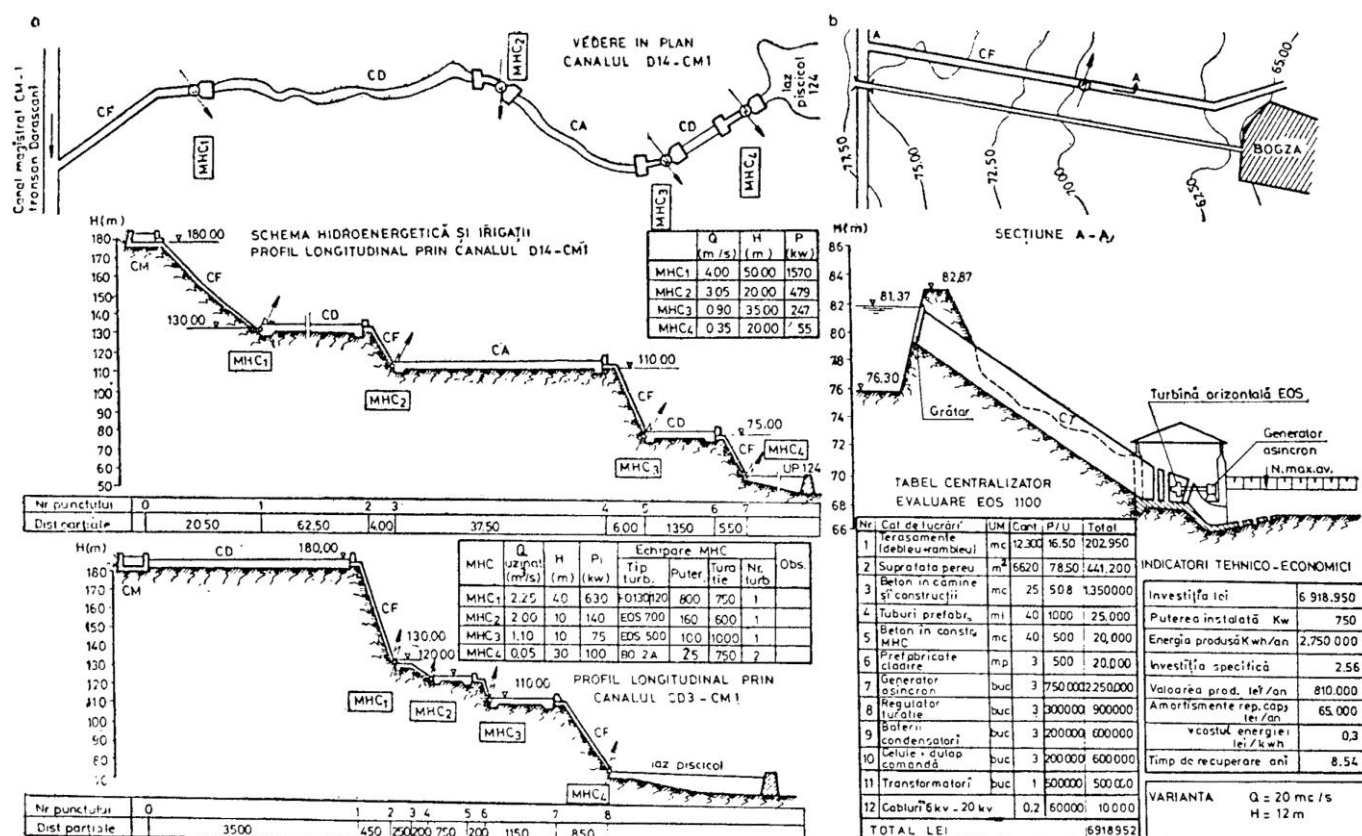


Fig. 6.47. Exemple de soluții comparative de amplasare a microhidrocentralelor pe rețelele de distribuție în sistemele de irigații: a) în cadrul sistemului complex Iași; b) în cadrul sistemului Siret – Ialomița.

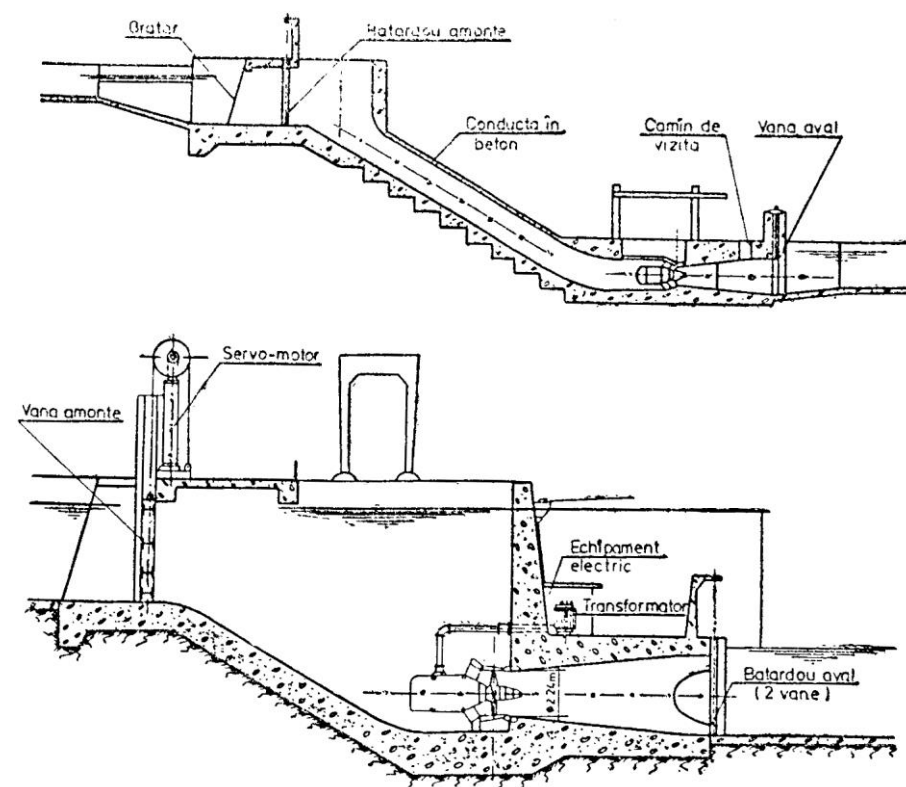


Fig. 6.48. Secțiune prin microcentrale cu diverse structuri: 1 – accesul apei la turbină printr-o conductă forțată; 2 – accesul apei direct din râu (canal) la turbină.

Modelele matematice urmăresc să simuleze ansamblul privind formarea, transformarea și tranzitarea undelor de viitură, ca și circulația, dispecerizarea canalelor navigabile și de irigații – surse de apă pentru CNE.

Pe lângă un studiu riguros hidrologic în secțiunea de captare în diverse regimuri de curgere, se acordă un rol deosebit regimului aluvionar.

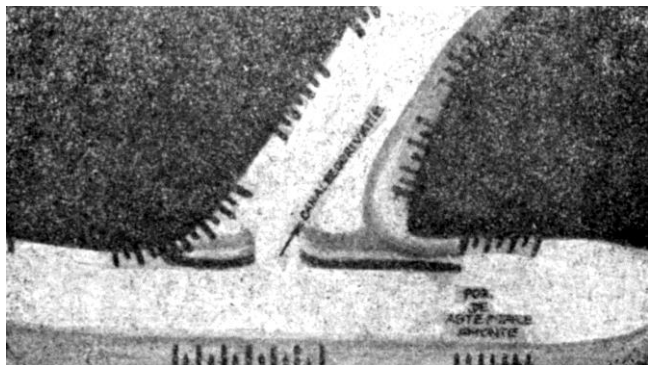
Scările folosite în modelare în mod curent sunt:

- 1/125 – pentru studiul interacțiunii globale priză-râu (canal);
- 1/50 – pentru probleme de detaliu, în care se încadrează și structura curenților în zona prizei de apă (fig. 6.49).

Cercetările pe modelele reduse asupra prizei oferă mai întâi date cu privire la volumul aluviunilor care se depun în priză, în regim îndiguit sau în regim barat. Pentru priza Cernavodă studiile au indicat

un volum dublu de aluviuni în regim barat, comparativ cu situația din regim îndiguit ( $35.000 \text{ m}^3/\text{an}$ ).

Pentru a se evita fenomenul de colmatare, soluția prizei se poate adopta în diverse variante, optima fiind indicată numai în urma studiilor pe modele.



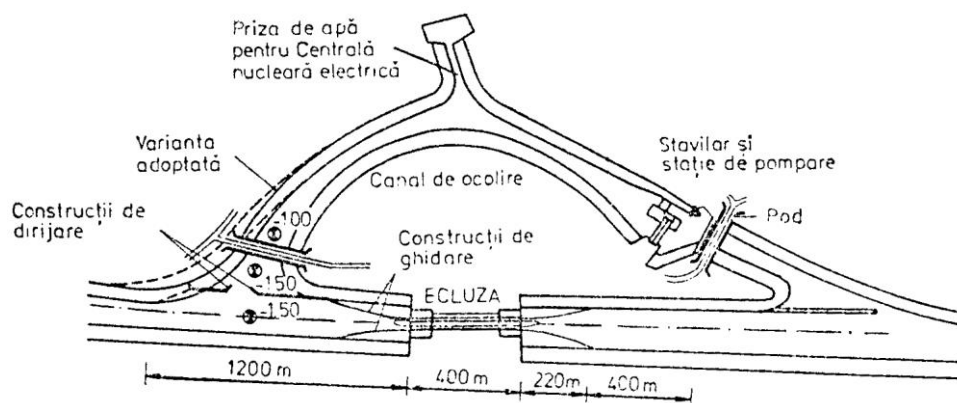
**Fig. 6.49.** Model hydraulic pentru studiul structurii curenților în zona de ramificație a canalului de ocolire a ecluzei Cernavodă, cu construcții de ghidare (I.C.H.).

Pentru a se reliefa soluțiile de înscriere a CNE în schema hidrotehnică a sursei de apă (canal de irigație, navigație sau cu rol mixt), se vor prezenta în continuare, câteva exemple de prize (și evacuare) prin derivație, în aliniament, și în canal curb.

– Pentru C.N. Fessenheim a fost adoptată soluția captării din canal prin intermediul unui dig longitudinal insubmersibil, continuat cu un pinten de dirijarea curenților, prin care s-a realizat un buzunar de captare.

– în canalul de ocolire, din care se captează apa pentru CNE Cernavodă, s-a adoptat soluția de priză cu un canal ce face un unghi de  $120^\circ$  cu direcția sursei (Dunăre), cu mol la intrare de diverse lungimi, în trepte submersibile la diferite niveluri (fig. 6.50).

Molul realizat în trepte succesive prezintă o serie de avantaje (autodragare parțială la priză, cu reducerea debitului de aluviuni în captare și adâncimi sporite la intrare), dar și o serie de efecte negative, ca: limitarea debitului de apă captat la niveluri mici în sursă, precum și obstacole pentru navigație.



**Fig. 6.50.** Ansamblul hidrotehnic Cernavodă, în varianta adoptată.

Cercetările s-au efectuat (ICH) pe două modele hidraulice, la scara 1/25, unul pentru partea amonte – ecluză și altul pentru partea aval – ecluză.

Debitul posibil de captat din Dunăre este de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  la niveluri mici ( $3,00 \text{ mMB}$ ). Cercetările ulterioare pe modele reduse pentru CNE Cernavodă vor indica oportunitatea coborârii patului albiei canalului în zona prizei, în scopul măririi debitului captat (cu circa 10% la ape mici pe Dunăre).

– Pentru Centrala nucleară Chinon priza s-a făcut la malul râului, într-o concavitate, care împreună cu dirijarea realizată prin peretele longitudinal continuat cu un pinten, asigură captarea apei și la niveluri scăzute.

Cercetările pe modele reduse sunt de un real sprijin pentru proiectant și în fixarea soluțiilor de evacuare a debitelor de apă caldă provenită de la centralele nucleare. Aceste ape, evacuându-se cu debite mari (ex.  $212 \text{ m}^3/\text{s}$  la CNE Cernavodă) în canalele magistrale de irigație-navigație, ca și în cursuri naturale, pot prejudicia, atât prin poluare, cât și prin modificarea parametrilor hidraulici. Descărcarea acestor ape introduce modificări în regimul de funcționare a canalului, atât în perioadele fără precipitații în bazinul hidrografic, cât și în perioada de viituri.

În cazul descărcării apei de la centrala nucleară într-un canal de navigație – irigație, sunt necesare studii care se pot realiza prin modele matematice pentru simularea numerică și intercondiționată a mișcării permanente a apei în canal, cu mișcarea nepermanentă a convoaielor de nave și propagarea undelor de ecluzare.

Asemenea cercetări pot condiționa adoptarea dimensiunilor și formelor de uvraje, respectiv de restricții în navigație. Astfel evacuarea debitului maxim de  $212 \text{ m}^3/\text{s}$  provenit de la CNE Cernavodă prin descărcătorii de la ecluza Agiea (la mare), modifică regimul vitezelor pe canal, prin creșterea cu  $0,3 \text{ m/s}$ . Acest spor de viteză are drept consecință creșterea duratei de circulația a navelor spre amonte cu circa 30 minute și reducerea duratei de circulație a navelor spre aval cu până la 20 minute.

Consecințele acestor situații se pot estima valoric și prin consumul suplimentar de energie la circulația navelor încărcate spre amonte.

Evacuarea apelor calde de la CNE poate impune și în irigații restricții și în privința nivelurilor maxime admisibile ale apei în canalul de navigație, îndeosebi când apar suprapuneri cu viiturile din bazin.

În condițiile CNE Cer-

navodă, exploatarea canalului la ape mari implică acționarea descărcărilor și în special comutarea grupurilor Centralei nucleare pe evacuatorul de apă spre Dunăre.

Rezultă din cele de mai sus că o prognoză cu anticipație de 1-2 ore face posibilă o pregolire a canalului.

Prognoza se face pe baza modelului matematic de ansamblu privind formarea, transformarea și tranzitarea undelor de viitură.

În figura 6.51 se poate urmări soluția de alimentare cu apă, ca și de evacuare a apei, pentru Centrala nucleară Bugey de pe Rhôn superior (cu o tranșă de 540 MW, cu uraniu natural grafit-gaz și 4 tranșe de 900 MW, cu uraniu îmbogățit).

### 6.2.5. UNELE TEHNOLOGII DE ETANȘARE ȘI DRENAJE PENTRU AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE

În cadrul amenajărilor hidro-electrice, și pentru irigații atât de complexe, sunt de rezolvat probleme și de fixat soluții a căror tehnologie prezintă deosebite dificultăți.

Printre acestea se înscriu: etanșarea barajelor din materiale locale și a fundației acestora în depozite aluviale (1), protecția gropilor de fundație contra apelor subterane (2), sprijinirea și consolidarea malurilor (3) tratarea rocilor prin injecții (4) ș.a.

Problemele tehnico-științifice și aplicative formând obiectivul numeroaselor studii, monografii, tra-

tate și cursuri, în cele ce urmează se vor prezenta – de altfel pe linia comună a acestei lucrări – câteva exemple de lucrări de acest gen realizate în tehnica mondială, cu rezultate remarcabile.

#### 6.2.5.1. Etanșarea barajelor din materiale locale și a fundației acestora în depozite aluviale. Exemplu

##### – Barajul Notre Dame de Commiers

Pe R. Drac (bh Rhôn) s-a amenajat un baraj din pământ înalt de 40 m și cu o lungime la coronament de 325 m. Amplasarea barajului s-a făcut într-o vale cu o deschidere largă pe un depozit de aluviuni, sub care se găsește roca de bază (șist negru marno-calcaros foarte lamelat, înclinat aproape vertical), la 50 m în punctul cel mai jos și la 20-25 m în partea dreaptă (v. fig. 6.53).

##### 1° Voal de etanșare în aluviuni

Depozitul aluvionar este format din pietriș (blocuri ce ating 40 cm), cu nisip, cu o permeabilitate foarte mare ( $5 \cdot 10^{-2}$  m/s –  $3 \cdot 10$  m/s).

Pentru înlăturarea scurgerilor subterane (pe sub baraj) și pentru protecția barajului, SOLETANCHE a fixat – în urma unor ample studii, analize, experimentări – soluția prin bararea totală a văii aluvionare printr-un ecran de injecții, pe care l-a racordat la nucleul de etanșare al barajului (fig. 6.52). Acest dispozitiv de etanșare a fost completat printr-un voal de injecție în roca de încastrare.

Ansamblul de etanșare al stratului permeabil din fundație s-a realizat sub forma unui ecran subțire obținut prin injecții în patul de aluviuni, prin 5 linii de foraje distanțate între ele la 3 m și perpendiculare pe axul văii.

Forajele liniei centrale sunt executate la o adâncime mai mare decât celelalte, pătrunzând în roca de bază cu 20 m.

Lățimea ansamblului de etanșare la partea superioară (cota 327,0) este condițională de lățimea nucleului de etanșare a barajului, cu care face corp comun.

Materialul de injecții a variat de la o soluție obișnuită pe bază de argilă și ciment (destinată să obțină spațiile cele mai mari) și până la o soluție înnobilită (brevetată de SOLETANCHE) având la bază o argilă specială (defloculată și rigidizabilă) care constituie un veritabil gel. Aceasta este mai penetrabilă decât prima și deci susceptibilă de a obtura spațiile cele mai mici.

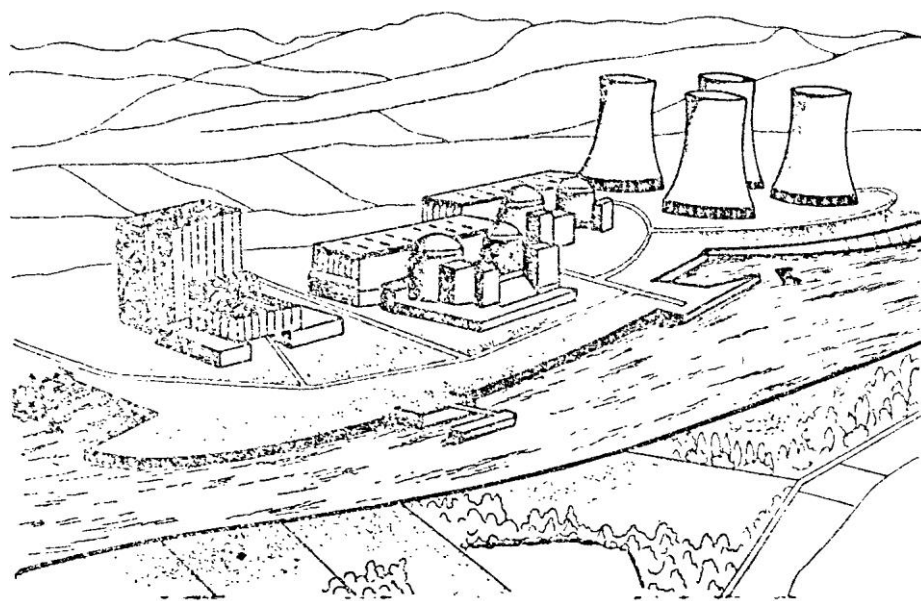


Fig. 6.51. Vedere de ansamblu a nodului hidrotehnic de alimentare și evacuarea apei la centrala nucleară Bugey, dintr-un canal de aducțiune.

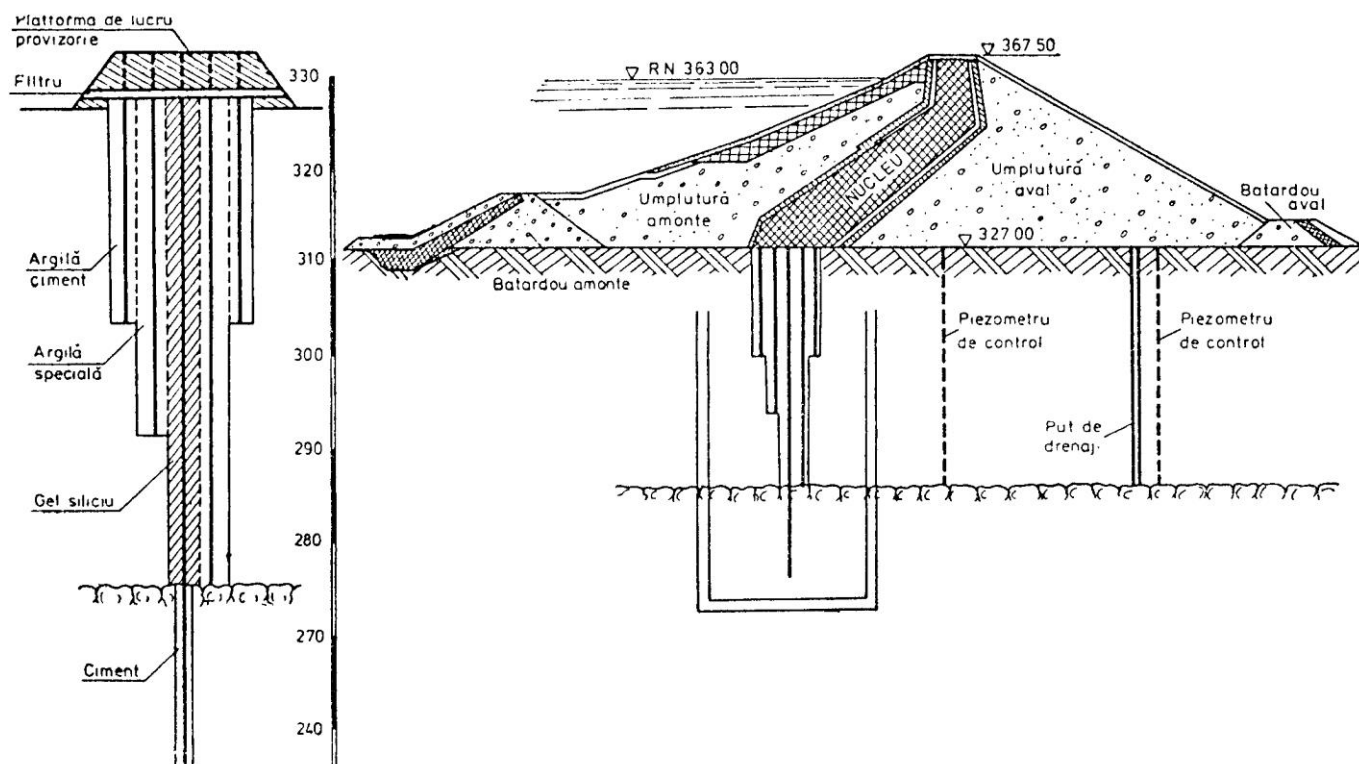


Fig. 6.52. Etanșarea depozitului aluvial și a barajului ND de Commiere: a) secțiune transversală prin sistemul de etanșare; b) secțiune transversală prin baraj.

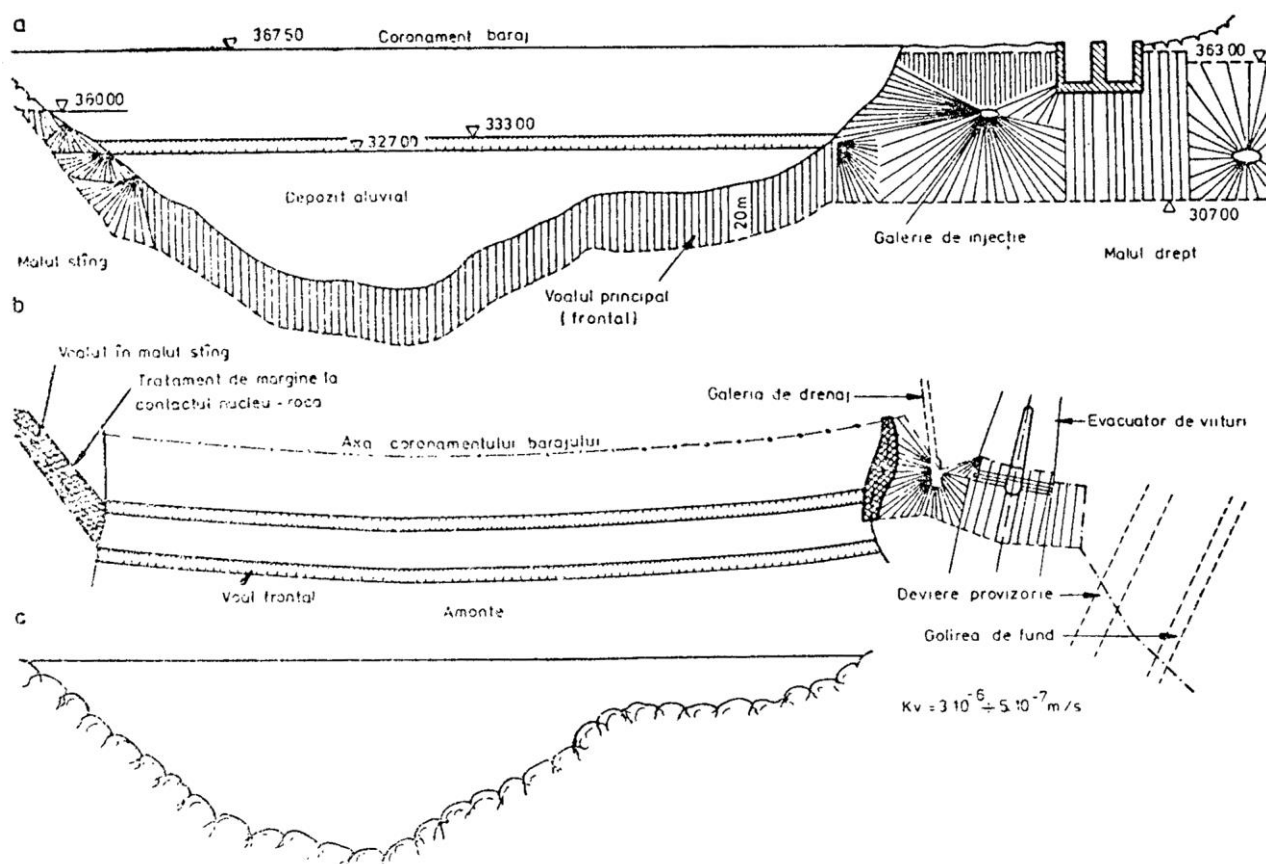


Fig. 6.53. Barajul ND de Commiere: a) profilul longitudinal desfășurat prin voalul de etanșare în rocă; b) tratamentul de margine; c) cartarea permeabilității la sfârșitul tratamentului.



În final, pentru obturare s-a aplicat un tratament de gel de siliciu, mult mai penetrabil, cu rol de a obtura spațiile foarte fine rămase neînchise. În timpul tratamentului s-au efectuat controale riguroase, prin probe punctuale, ce au permis să se elaboreze un plan cartografic al permeabilității reziduale, pentru orientarea tratamentelor următoare.

Lucrările au fost efectuate începând cu o platformă de 6 m înălțime, care a avut rolul de a supraîncărca terenul supus tratării.

Încercările sub sarcina redusă de 5 m, după efectuarea lucrărilor de injecții, au indicat că permeabilitatea medie a aluviunilor s-a schimbat de la  $0,86 \cdot 10^{-2}$  m/s la  $2 \cdot 10^{-6}$  m/s. În plus s-a constatat că, după umplerea cu apă a acumulării, panta pânzei freatice din aval de baraj a fost inferioară pantei dinainte de lucrări.

## 2° Injecția rocii

Ansamblul de etanșare a fundației s-a completat prin voaluri de larg (ocolire). Acest ansamblu se întinde de la malul stâng la cel drept (fig. 6.53, a, b, c).

Voaluri auxiliare racordează voalurile de margini și voalurile uvrajelor anexe – evacuatorul de viituri, golirea de fund, derivația provizorie. Un tratament suplimentar s-a aplicat prin injecții de margini rocii din maluri la contactul cu nucleul de argilă al barajului. Acest tratament a fost aplicat pe toată ampriza nucleului, prin foraje scurte implantate cu o mare densitate și injectate cu presiune variabilă.

Toate lucrările de injecție în rocă au fost făcute cu ciment curat diluat, sub presiune de 5-25 kg/cm<sup>2</sup>.

Ansamblul de etanșare a însumat următorul volum de lucrări:

- pentru depozitul aluvial:
- suprafață: 7.200 m<sup>2</sup>
- foraje: 12.380 m
- materiale injectate:
- argilă ciment 13.320 t
- argilă specială 6.260 t
- gel de siliciu 1.940 m<sup>3</sup>
- injecții în rocă:
- voaluri – suprafață: 9.000 m<sup>2</sup>
- foraje – 10.000 m
- ciment injectat – 3.310 t
- tratament în maluri: j
- foraje: 4.100 m
- ciment injectat: 50 t

### 6.2.5.2. Drenajul și etanșarea în protecția incintelor de fundație

Pentru protecția gropilor – incintelor de fundație, se adoptă în tehnică o gamă largă de soluții și tehnologii, dominante fiind cele care vizează *coborârea prin drenaje a nivelului stratului acvifer* (1°) și *protecția*

*prin ecrane de etanșare și pereți mulați* (2°). Acestea se adoptă în funcție de condițiile naturale (geologice, hidrogeologice, hidrografice ș.a.), de importanța și structura obiectivelor de realizat, de tehnica de care se dispune în organizarea de șantier ș.a..

## 1° Coborârea nivelului freatic prin epuism direct

Pentru a se putea executa în uscat lucrări de fundații de mari proporții (ex. complexe: uzină – descărcător – ecluză ș.a.) se folosește soluția coborârii nivelului stratului acvifer din perimetrul gropii sau incintei de fundație. Pentru lucrări mai mici și cu termene reduse de execuție se preferă în frecvente cazuri soluția de protecție prin epuisme directe în fundul gropii de fundație (fig. 6.54). Această soluție poate fi însoțită într-o serie de situații necorespunzătoare de grave consecințe.

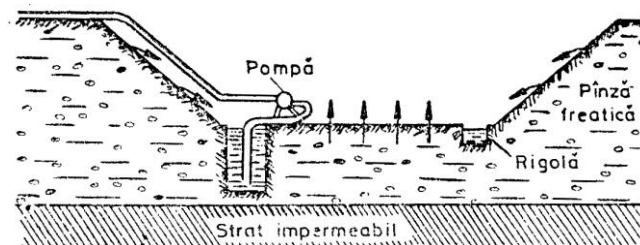


Fig. 6.54. Protecția gropii de fundație prin epuism direct.

Epuismele directe se realizează prin amenajare în fundul gropii a unor rigole care colectează și transportă apa spre puțuri colectoare, din care este refu-lată în exterior prin pompare. Metoda epuismelor dă rezultate satisfăcătoare chiar în cazul debitelor de infiltrație foarte mari (3-4 m<sup>3</sup>/s), când uvrajele și organizarea de șantier sunt adaptate acestui scop.

Epuismele directe reprezentând însă o serie de neajunsuri, chiar la debite mici, obligă proiectantul să reflecteze serios în adoptarea acestor soluții de protecție a incintei de fundație.

Aceste neajunsuri provin din imposibilitatea controlării riguroase a apei ce se infiltrează prin taluze și fundul incintei, în cazul epuismelor directe și care pot provoca: antrenări de material fin, alunecări și prăbușiri de maluri, transformarea fundului gropii într-un adevărat nisip mișcător (chiar atunci când este constituit din pietriș-nisip), cu consecințe asupra organizării șantierului.

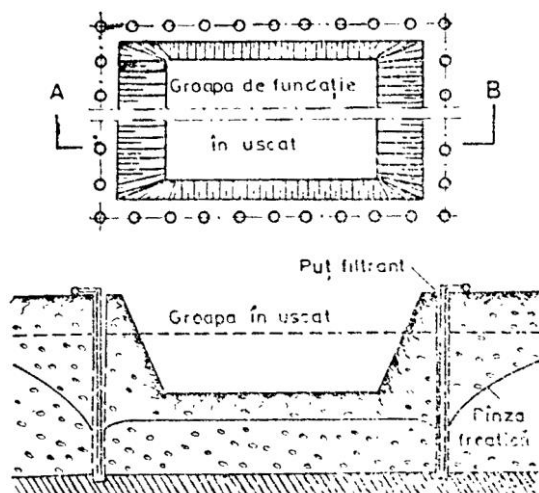
## 2° Coborârea nivelului freatic înaintea execuției gropii de fundație

Când epuismele directe se dovedesc neindicate în scopul suprimării integrale a infiltrațiilor prin taluze și fund, se recurge la soluția 2° (coborârea prealabilă a nivelului freatic).

Pentru aceasta se amplasează pe perimetrul incintei de fundație un număr suficient de organe filtrante

(coloane, puțuri, filtre aciculare) din care se va pompa apa infiltrată (fig. 6.55).

Prin proiectarea acestei soluții tehnologice, de coborâre a nivelului freatic se fixează: distanța dintre elementele filtrante, diametrul acestora, adâncimea de amplasare și tipul de utilaj pentru pompare a apei.



**Fig. 6.55.** Coborârea nivelului freatic. Amplasarea echipamentului.

Un rol important îl are în fixarea parametrilor de mai sus, permeabilitatea terenului și poziția straturii impermeabil față de fundul gropii de fundație.

În nisipuri fine, în care debitul puțurilor este inferior celui care alimentează normal pânza freatică și în care coborârea acesteia (prin pompare) se face lent, este necesar ca puțurile de pompare să se amplaseze foarte apropiate între ele, la distanțe de ordinul metrilor. Diametrul acestora este foarte mic, de 100 mm și chiar mai puțin. Acestea sunt denumite în tehnică filtre aciculare și au amplasarea ca în figura 6.56.

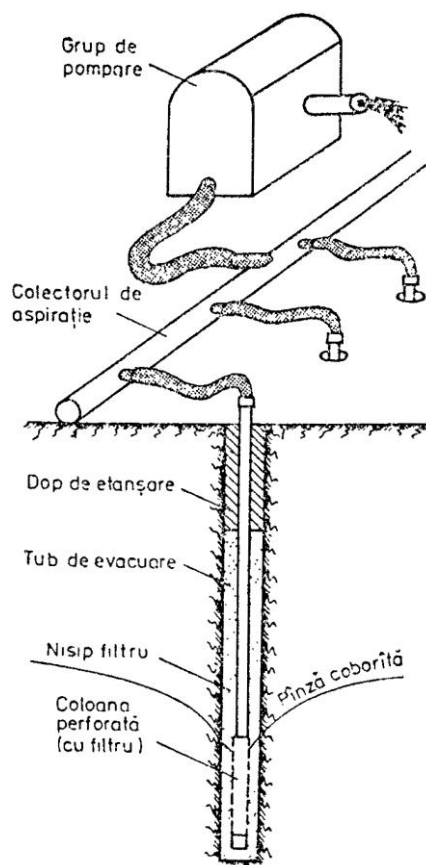
Instalațiile de filtrare aciculare au diverse structuri și caracteristici. Astfel tipul LIU-3 este compus din: două agregate de pompare (unul de rezervă), 60 bucăți filtre aciculare construite din tuburi metalice cu filtru protejat și cu supapă specială (bilă de lemn îmbrăcată în cauciuc), o conductă colector absorbant și tuburi elastice pentru legarea fiecărui filtru cu colectorul.

Filtrele aciculare se introduc în teren folosind un jet de apă sub presiune, care antrenează materialul după ce a deschis supapa de la baza filtrului.

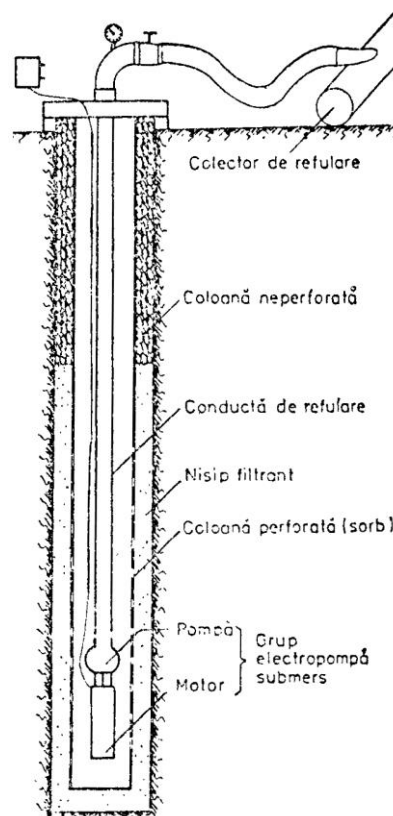
În nisipuri și pietrișuri debitele fiind mari, sunt necesare puțuri cu diametrul de ordinul 400-500 mm și cu amplasare la distanțe medii de 10 m și maxime de 15-20 m.

Exploatarea se face în general prin puțuri de pompare submerse (fig. 6.57).

Adâncimea puțurilor este condiționată de necesitatea situării curbei de depresie, realizată prin pompare, sub adâncimea fundului incintei de fundație.



**Fig. 6.56.** Schema instalației de coborâre a nivelului freatic prin coloane filtrante.



**Fig. 6.57.** Secțiune schematică printr-un puț filtrant, exploatat prin grup de electropompe submers.

În tehnica drenajelor verticale există relațiile de calcul cu ajutorul cărora se determină numărul de puțuri, adâncimea lor și debitul de pompare, pentru a se obține coborârea pânzei freatice la cotele cerute.

Debitul total necesar a fi pompat pentru coborârea pânzei freatice prin puțurile filtrante este superior debitului epuismenului direct.

În stabilirea parametrilor hidrolic-funcționali și constructivi ai drenajului vertical, prin puțuri filtrante, se iau în considerare și aspectele economice pentru fixarea adâncimii de coborâre a pânzei freatice.

Tehnica coborârii nivelului freatic prin puțuri filtrante prezintă și unele particularități care impun intervenții suplimentare în tehnologia de execuție. Astfel:

1. Când puțurile ajung la un strat impermeabil (v. fig. 6.58), drenajul nu coboară pânza freatică în interiorul incintei decît cu o cantitate care se poate aproxima la 3/4 din grosimea inițială a pânzei. Dacă cota fundului gropii este inferioară celei de coborâre limită a pânzei freatice, trebuie să se prevadă un sistem de protecție special la piciorul taluzelor, sau să se recurgă la un epuismen direct. În acest caz, epuismenul direct nu va avea efectele negative arătate în primele paragrafe, întrucît, presiunile curenților subterani (spre incintă), sunt reduse, la adăpostul puțurilor filtrante.

2. Când pânza freatică este cantonată în nisipuri foarte fine (fig. 6.58), se poate organiza o coborâre prin subpresiune (vacuum), ceea ce conduce la starea de depresiune a terenului care se găsește deasupra nivelului pânzei. Acest procedeu permite desecarea gropii, până la fundul impermeabil.

Meniscurile capilare mențin pânza în taluze, acestea putînd fi chiar consolidate ca efect al presiunii atmosferice.

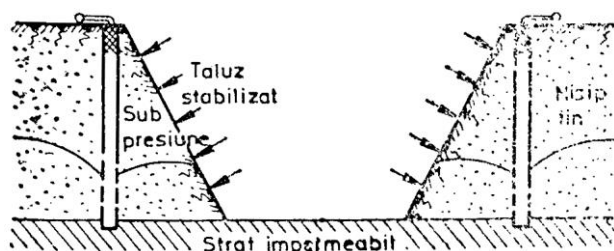


Fig. 6.58. Coborârea prin subpresiune în nisip fin.

3. Dacă în amplasamentul fundului gropii de fundație există o formație cu o permeabilitate ( $K_2$ ) mai mică (de exemplu, de 10 ori mai mică) decât aceea ( $K_1$ ) a stratului de deasupra, se va putea coborî nivelul freatic asemănător situației enunțată deja prin figura 6.57. Dacă însă se cere să se adâncească groapa de fundație în acest strat puțin permeabil, se impune introducerea unui ecran de protecție etanș (fig. 6.59).

În caz că ecranul nu este suficient de adânc, se

completează soluția cu încă o serie de puțuri filtrante, pentru a se evita apariția infiltrațiilor și afilierilor.

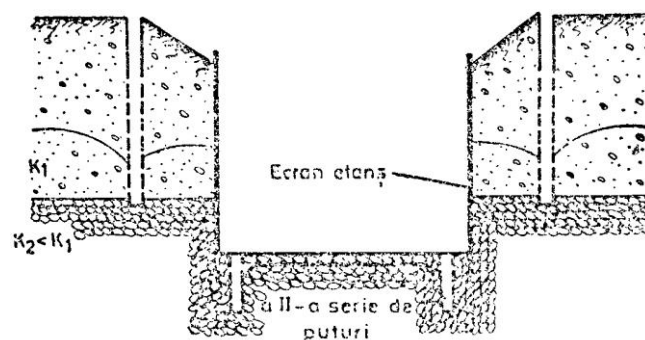


Fig. 6.59. Coborârea pânzei freatice în două straturi cu permeabilități diferite:  $k_2 > k_1$ .

4. Dacă se prezintă situația din figura 6.60, când stratul de la suprafață puțin permeabil ( $k_1$ ) acoperă un strat cu o permeabilitate mare ( $k_2$ ) sau foarte mare (nisip, pietriș, roci foarte fisurate), coborârea nivelului freatic se face prin pompări din stratul permeabil, întrucît prin acest strat se face alimentarea cu apă.

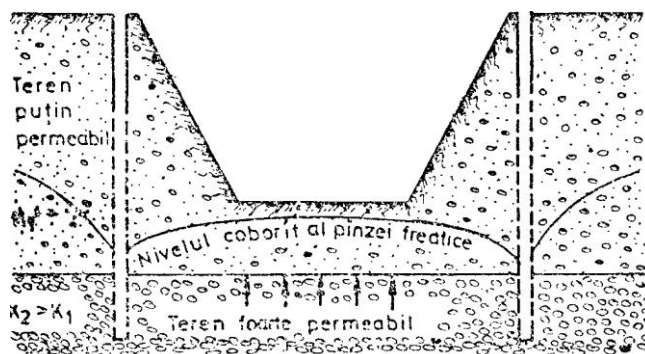


Fig. 6.60. Coborârea pânzei freatice în două straturi cu permeabilități diferite:  $k_2 < k_1$ .

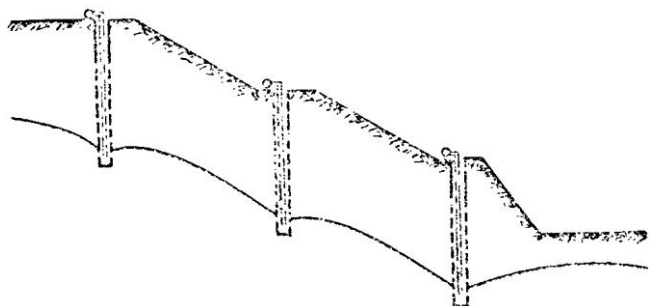
Puțurile filtrante se amplasează în una sau mai multe centuri, la cote diferite, după adâncimea la care se cere să se coboare nivelul freatic și după natura utilizării de pompare:

1. când se dispune de electropompe submersibile, cu posibilitate de a se echipa fiecare puț, atunci oricare este adâncimea de coborâre necesară a nivelului freatic, se adoptă soluția unei singure centuri de puțuri de drenaj;

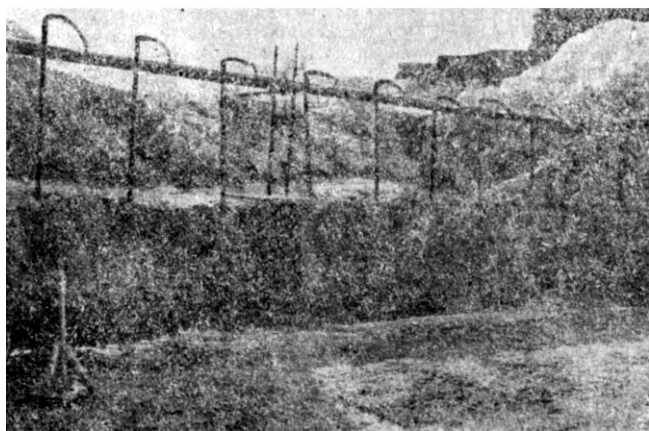
2. când se dispune însă de pompe de suprafață, cu adâncimi de aspirație sub 6-7 m, atunci adâncimea la care trebuie să se coboare pânza freatică impune numărul de centuri de puțuri de drenaj (fig. 6.61).

Această ultimă soluție se aplică întotdeauna în cazul tradițional al filtrelor aciculare.

În figura 6.62 (foto 1-2) se vede aceeași incintă de funcție înainte (1) și după (2) coborârea nivelului freatic, printr-o singură centură de puțuri filtrante cu colector (SOLETANCHE).



**Fig. 6.61.** Coborârea nivelului freatic prin mai multe centuri de puțuri filtrante, amplasate etajat, folosind pompe de suprafață și colectare.



**Fig. 6.62.** Incintă de fundație înainte (1) și după (2) coborârea nivelului freatic.

### 3° Protecția prin ecrane de etanșare și pereți murați

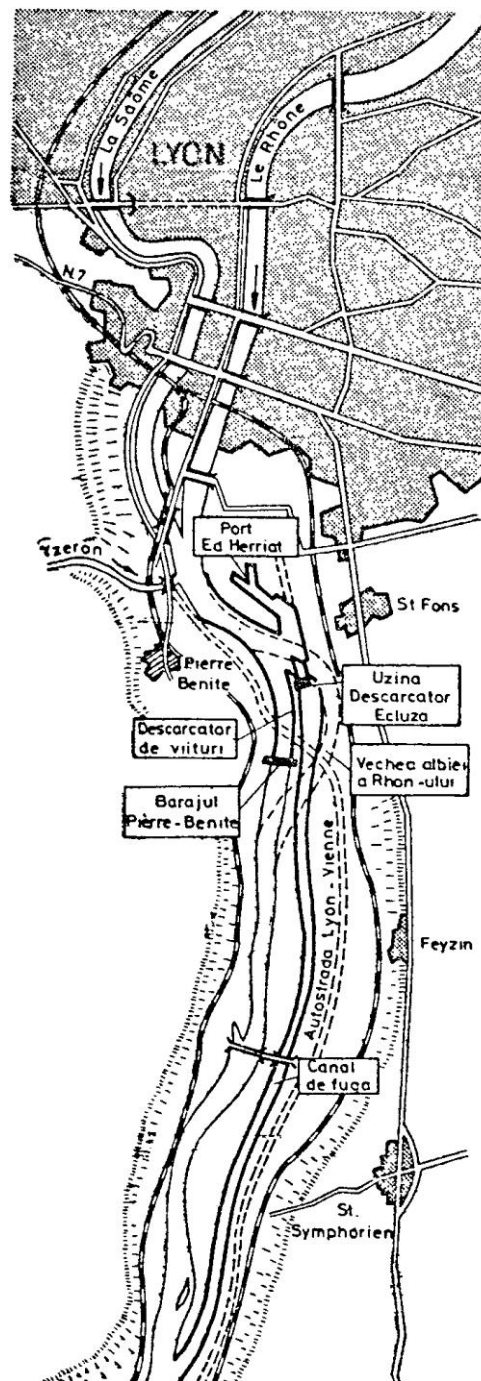
Probleme deosebit de dificile de protecție a fundațiilor unor construcții hidro-electrice se ivesc îndeosebi atunci când acestea sunt grupate cu amenajările de navigație, soluția protecției reclamând o dublă rezolvare: batardou provizoriu pentru incinta de construcții și protecția contra scurgerilor subterane.

Ca exemplu de soluționare se folosește amenajarea Pierre-Bénite.

Amenajarea HE complexă Pierre-Bénite de pe fluviul Rhôn, aval de Lyon (fig. 6.63), asigură pe lângă

energie și navigație și joncțiunea între Rhône și Saone, creând un plan de apă comun celor două cursuri.

Construcțiile principale – uzina, descărcătorul, ecluza – sunt implantate pe malul drept al Rhônului. Amplasamentul ales, condiționat de regimul de exploatare biefat (în scop HE și de navigație), prezintă în subsol un depozit gros de aluviuni (18-20 m) alimentat freatic din fluviu. Permeabilitatea stratului acvifer, foarte eterogen, este mare (de ordinul  $6 \cdot 10^{-3}$  până la  $10^{-2}$  m/s) și în special pe direcție orizontală, datorită structurii lamelare.



**Fig. 6.63.** Amplasarea amenajării Pierre- Bénite și măsurile de protecție.

Depozitul aluvionar acoperă substratul cu permeabilitate redusă (variind între  $5 \cdot 10^{-6}$  și  $10^{-6}$  m/s), format din nisipuri foarte compacte, conținând fragmente de gresii foarte dure și lentile din conglomerate greso-argiloase (substratum mollassique).

Plafonul superior al acestui substrat cu permeabilitate mică este practic orizontal cu excepția zonei pe care s-a amplasat ecluza, unde se evidențiază prezența unei depresiuni glaciare, cu adâncime de peste 20 m, umplută cu aluviuni argiloase și marnoase puțin permeabile ( $K = 6 \cdot 10^{-5}$  m/s).

În figura 6.64 se vede schematic organizarea incintei de fundație.

Lucrările de protecție, contra apelor subterane și

a prăbușirii taluzelor, se înscriu în amplasamentul incintei care traversează stratul gros aluvionar ce atinge circa 30 m în punctele cele mai joase.

**Protecția incintei fundațiilor.** Suprafața afectată de incinta fundațiilor se ridică la 12 ha, cu un perimetru de 1.400 m, protejat prin centuri de batardouri, încastate în formații foarte permeabile. Soluția batardourilor din palplanșe s-a dovedit irealizabilă, stratul aluvionar (fragmente de roci, substratul mai mult sau mai puțin gresificat) fiind de nepătruns la baterea palplanșelor, prin reculul care-l transmitea. Această situație a condus la adoptarea soluției de proiecție prin pereți mulați în teren. Avantajul procedurii constă în faptul că se poate adapta oricărui teren, permițând realizarea, prin betonul plastic, a unui ecran suficient de suplu pentru a prelua, fără a se fisura, împingerile la care ar fi supus la executarea excavațiilor.

Adâncimea de încastrare a pereților în substratul nisipos-fosil îngropat (mollassique) este relativ mică (3-4 m). Această adâncime a rezultat din calculul bazat pe ipoteza că nisipurile (mollassiques), susceptibile a fi antrenate de către apă vor fi oprite în aluviunile de deasupra, ce pot juca rol de filtru.

În zona mai adâncă, ocupată de fosta depresiune glaciară, umplută cu aluviuni fine, încastrarea pereților mulați este mult mai mare atinând 10 și chiar 14 m (fig. 6.65).

**Proiecția lucrărilor definitive**

Uzina HE este fundată în substratul fosil îngropat la 3 m (fig. 6.66). Ca măsură de siguranță, față de permeabilitatea acestui subsol, care a introdus temeri în privința deburării nisipului la nivelul fundației și deci asupra stabilității lucrării, s-a prevăzut amonte ca element de protecție la 9-10 m adâncime, un ecran beton și chiar armat în zonele supuse la împingeri mai importante.

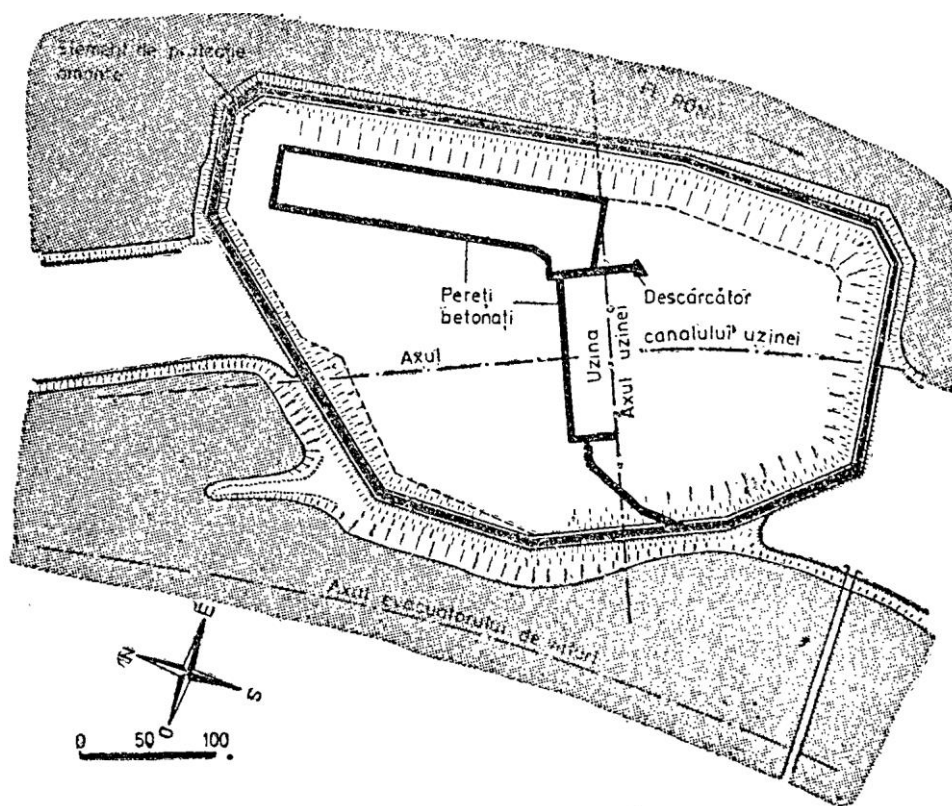


Fig. 6.64. Planul incintei fundației: (ecluză – uzină și descărcător) protejată prin ecranul de etanșare.

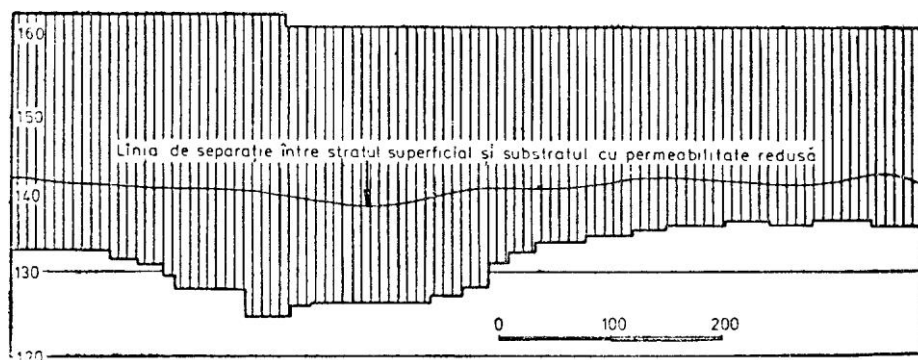


Fig. 6.65. Profilul desfășurat al ecranului de protecție al incintei de fundații.

Ecluza este fundată la adâncime mai mică, la 3 m în substratul fosil îngropat. Soluția protecției contra circulației apei subterane (foarte mare în stratul aluvionar), a constat într-un ecran amplasat sub formă de centură (în jurul ecluzei), încastrat etanș la adâncimi de 4-5 și chiar 6 m în substratul fosil îngropat (fig. 6.67).

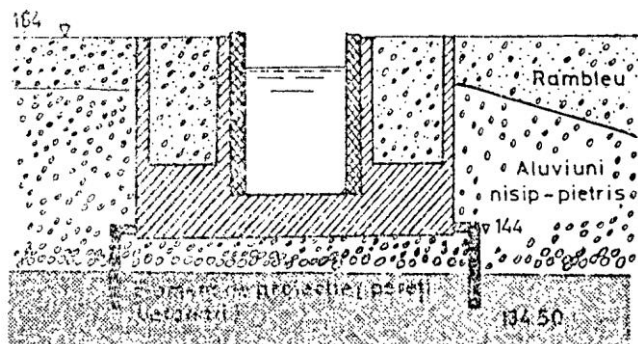


Fig. 6.67. Ecluza.

Elementele de protecție, ca și la uzină, s-au construit de tipul pereților mulați în teren.

Caracteristicile lucrărilor de etanșare realizate sunt centralizate în tabelul 6.3

**Tabelul 6.3.** Lucrările de etanșare

Obiectivele	Grosimea (m)	Adâncime maximă (m)	Suprafețe excavate (m <sup>2</sup> )	Suprafețe betonate (m <sup>2</sup> )
Batardou provizoriu pentru protecția incintei fundațiilor	0,50 pentru P* 24 m 0,60 pentru P 24 m	35,00	30.000	30.000
Elemente de protecție uzină	0,60	17,00	2.800	2.100
Elemente de protecție ecluză	0,60	11,00	5.900	4.000

\* Adâncimea

# RAȚIONALIZĂRI ÎN CERCETAREA, PROIECTAREA ȘI EXPLOATAREA UNOR OBIECTIVE HIDROTEHNICE. MODELAREA; PROIECTAREA CANALELOR ÎN REGIM VARIABIL; TEHNOLOGII DE CALCUL

## Generalități

Materialele prezentate în capitolele anterioare evidențiază cu pregnanță, pe lângă problematica proprie specifică fiecărui capitol și unele aspecte ce vizează unele intervenții în concepția cercetării, proiectării și exploatării unor obiective hidrotehnice și chiar a amenajărilor complexe. Sunt reținute în acest sens trei aspecte care trebuie să-și găsească rezolvarea în soluțiile viitoarelor amenajări.

Este vorba de:

- extinderea modelării, ca instrument de raționalizare a proiectării în irigații, drenaje și a altor amenajări hidrotehnice (cap. 7.1);

- introducerea unor raționalizări în proiectarea canalelor (de irigații, desecări și în alte scopuri), funcționând cu debit variabil, progresiv crescător și progresiv descrescător (cap. 7.2);

- introducerea unui instrument de calcul expeditiv în proiectare și exploatare, ca de exemplu „calculatoarele grafice specializate” pentru irigarea prin aspersiune, brazde etc. (cap. 7.3).

Au fost reținute și dezvoltate\* pentru fundamentare teoretico-științifică, cu prioritate, aceste trei aspecte pentru următoarele considerente:

- *Modelarea* (fizică și matematică) a devenit indispensabilă în analiza și adoptarea soluțiilor optime pentru construcții hidrotehnice de mare importanță, gen „Canalul Dunăre – Marea Neagră” (v. cap. 6).

Amenajările hidrotehnice pentru îmbunătățiri funciare (irigații, drenaje ș.a.) intrând într-o nouă etapă de execuție – prin complexitate și grad de dificultate, impuse de relief în primul rând – reclamă studii pe modele în fixarea soluțiilor.

Materialul ce se prezintă în capitolul 7.1 urmărește dezvoltarea teoretică a modelării, cu unele exemplificări în profil.

- *Proiectarea canalelor* pentru condițiile de funcționare cu debit variabil, se ia în analiza acestui capitol (7.2) pentru următoarele aspecte: 1) canalele formează în irigații, desecări, drenaje, ca și în alte sectoare ale hidrotehnicii cele mai reprezentative obiective, numeric și ca volum de investiții; 2) condițiile de funcționare reale ale canalelor sunt cele cu debite variabile. Astfel întreaga rețea de canale de desecare, drenaj, inclusiv canalele de centură funcționează cu debit variabil progresiv crescător (din amonte, de la suprafața de desecare-colectare, spre aval, spre emisar), în timp ce întreaga rețea de canale de irigații funcționează cu debit variabil progresiv descrescător (din amonte, de la sursa de apă, spre aval, spre sectoarele irigabile).

În tehnica proiectării sistemelor de irigații și desecări-drenaje, această importantă problemă – a canalelor cu debit variabil – impunându-se din ce în ce mai mult, se va prezenta în capitolul 7.2 în măsura necesară documentării.

- *Proiectarea și exploatarea* obiectivelor hidroameliorative, folosind calculatoarele grafice specializate, urmărește să reducă volumul de muncă al specialistului, punându-se la îndemâna acestuia un instrument eficient și comod, în fixarea parametrilor interesați în irigații: diametre, puteri și debite, volume (norme) de udare, număr de aspersoare, seturi de brazde etc.

## 7.1. MODELAREA, INSTRUMENT DE RAȚIONALIZARE A PROIECTĂRII SISTEMELOR DE IRIGAȚII, DRENAJE ȘI A ALTOR AMENAJĂRI HIDROTEHNICE

### 7.1.1. GENERALITĂȚI

Orice lucrare inginerească din domeniul vast al hidrotehnicii – sisteme de irigații, drenaje, amenajări hidroenergetice etc. – prezintă un grad ridicat de com-

---

\* Cu colaborarea colectivului de hidraulică: prof. dr. ing. Ecaterina Blidaru, conf. dr. ing. Iosif Bartha, conf. dr. ing. Mihail Luca (Inst. Politehnic Iași).



plexitate datorat multitudinii de factori ce o condiționează și de care este necesar să se țină seama la corectă și rațională lor proiectare, ce asigură lucrările de execuție și exploatare corespunzătoare.

Investițiile importante necesare acestor lucrări reclamă o eficiență maximă, asigurată în mare măsură de metodica de proiectare ce are uneori de a face și cu caracterul de unicat al unor amenajări și construcții de mare amploare și complexitate.

Proiectarea se bazează, în mare măsură, pe studii și cercetări hidrotehnice ce nu pot fi asigurate numai de fundamentarea teoretico-științifică redată de formulele și legile hidraulicii clasice; acestea implică deseori admiterea unor ipoteze simplificatoare și o schematizare a fenomenelor reale, putând omite astfel unii parametri ce influențează corectă dimensionare a lucrărilor.

Pentru a înlătura aceste neajunsuri, se utilizează din ce în ce mai mult modelul fenomenului real, fie sub forma de model redus, care, la rândul său poate fi model hidraulic sau model în curenți de aer, fie sub cea de model matematic, modelarea fiind tocmai „reflectarea sau reproducerea printr-un mijloc oarecare a realității, în vederea examinării legităților obiective existente în ea”.

Prin studii sistematice pe model ale diferitelor variante și soluții, luând în considerație diferiți parametri ai curgerii – debite, presiuni, viteze etc. – proiectarea va putea corespunde cerințelor dificile ale factorilor naturali și ale eficienței economice maxime.

Întrucât modelarea hidraulică, pe modele reduse – numite și modele fizice – are o deosebită importanță, modelul permițând a vedea și studia în laborator, la scări reduse, ceea ce se petrece în condițiile fenomenelor și construcțiilor la scara lor reală, se vor reda în primul rând elementele de bază ale modelării hidraulice cu criteriile fundamentale ale aplicării sale.

În același context al unor principii esențiale se va expune modelarea matematică, ambele genuri de modelări racordându-se la exemple de aplicabilitatea lor în irigații și drenaje.

### 7.1.2. MODELAREA HIDRAULICĂ, INSTRUMENT ESENȚIAL DE ANALIZĂ A PARAMETRILOR SPECIFICI AMENAJĂRILOR HIDROTEHNICE

În analizarea amenajărilor de irigații și drenaje, de altfel ca în orice amenajare hidrotehnică, cercetările pe modele reduse au devenit o etapă obligatorie, perfecționându-și ele însele metodele de proiectare, execuție și studii ca și aparatura specifică de precizie pentru înregistrarea și măsurarea parametrilor examinați.

Modelele reduse, numite și modele fizice, sunt cele mai frecvent utilizate în activitatea de studii și cercetări, sub forma modelării hidraulice ce permite analiza și soluționarea unor probleme importante, în proiectarea multor lucrări, ca:

- rețele de canale sau numai canalul ca atare, sau porțiuni de canale de mari proporții, în diverse regimuri de curgere a apei și de exploatare a lor;
- construcții hidrotehnice pentru amenajări hidroameliorative, hidroenergetice sau alte folosințe;
- îndiguiri și regularizări de cursuri de apă;
- scheme de amenajări complexe ale bazinelor hidrografice sau ale unor zone teritoriale;
- amenajarea zonelor de litoral și deltă;
- elaborarea de soluții pentru consolidarea terenurilor de fundații și a celor alunecătoare;
- elaborarea unor soluții privind protecția mediului, în cadrul amenajărilor hidrotehnice.

Pentru ca modelarea hidraulică să-și atingă scopul de realizare optimă a lucrărilor enumerate, ca și a altora, trebuie să parcurgă următoarele etape:

- Fundamentarea teoretică a modelului pe baza analizei parametrilor ce intervin în caracterizarea fenomenului natural – sau a prototipului – folosind teoria similitudinii hidraulice. În unele cazuri aceasta impune extragerea unor detalii și împărțirea modelului în submodele, cu studii separate.
- Realizarea modelului conform metodelor de proiectare și execuție a modelelor reduse; este necesară deci o bază materială și o forță de muncă specializate acestui scop.
- Studiul pe model al fenomenului în diverse variante corespunzătoare condițiilor de proiectare, execuție și exploatare, obținându-se astfel datele necesare etapelor următoare de calcul.
- Analiza comparativă tehnico-economică a rezultatelor obținute în diferite variante de modelare, în vederea selecționării variantelor optime.
- Aplicarea rezultatelor modelării fizice în etapa de studiu ce a solicitat obținerea acestora.
- Analiza modului de valorificare a rezultatelor modelării și pe această bază, optimizarea modelului și a tehnicii de modelare pentru cazul respectiv.

În cercetarea hidrotehnică, modelele reduse și-au dovedit pe deplin viabilitatea, devenind un instrument principal în tehnica obținerii datelor despre prototip, scurtând astfel drumul aplicării în practică a diverselor lucrări.

#### 7.1.2.1. Bazele modelării hidraulice. Legile similitudinii

În aplicarea modelării hidraulice apare ca evidentă necesitatea de a cunoaște legile după care rezultatele obținute pe model pot fi transpuse situației din

\* Constantin Ivan, „Modele de calcul analogic în hidraulica subterană”, Editura Tehnică, 1975.

natură; pentru aceasta modelul trebuie să fie, în primul rând, asemănător din punct de vedere geometric cu prototipul, deci dimensiunile liniare omoloage dintre model și prototip să se găsească într-un anumit raport care constituie scara geometrică a modelului. De asemenea, toți parametrii ce caracterizează curgerea sunt reduși la model în raport cu cei ai prototipului; stabilirea unor raporturi bine determinate și constante între parametrii modelului și prototipului care să fie cunoscute în raport de scara mărimilor liniare constituie problema esențială a modelării rezolvată cu ajutorul legilor similitudinii.

Pentru realizarea modelării trebuie determinată în primul rând scara modelului ( $\lambda_l$ ) care reprezintă raportul dimensiunilor liniare omoloage ale modelului ( $l_2$ ) și ale obiectivului din natură – prototip ( $l_1$ ); deci:

$$\lambda_l = \frac{l_2}{l_1} = \text{const.} \quad (1)$$

Similitudinea cinematică cere ca scara vitezelor și accelerațiilor să fie într-un raport definit și constant în toate punctele corespunzătoare model – natură.

Notând cu  $t_1$  timpul necesar pentru parcurgerea unei distanțe  $l_1$  pe prototip și respectiv  $t_2$  pe cel necesar parcurgerii distanței  $l_2$  pe model, iar cu  $a_1$  și  $a_2$  accelerațiile respective, rezultă următoarele scări:

$$\lambda_t = \frac{t_2}{t_1}$$

$$\lambda_v = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\lambda_a = \frac{a_2}{a_1}$$

Știind însă că:

$$V_1 = \frac{l_1}{t_1} \quad V_2 = \frac{l_2}{t_2}$$

$$a_1 = \frac{l_1}{t_1^2} \quad a_2 = \frac{l_2}{t_2^2}$$

se vor obține scările vitezelor și accelerațiilor:

$$\lambda_v = \frac{\lambda_l}{\lambda_t} \quad (2)$$

și

$$\lambda_a = \frac{\lambda_l}{\lambda_t^2} \quad (3)$$

Alegerea scării timpului impune deci pe cea a vitezelor și a accelerațiilor.

Atât pe model cât și pe prototip, mișcările lichidelor sunt provocate de forțe, ceea ce impune și similitudinea dinamică, astfel încât toate forțele ce acționează în punctele omoloage ale modelului și prototipului să se afle într-un raport constant.

Într-un grad mai mare sau mai mic, asupra miș-

cării fluidelor acționează următoarele forțe: forțele de inerție, de turbulență, de greutate, de vâscozitate și de capilaritate. Ținând seama de faptul că forțele de capilaritate nu intervin decât în cazuri cu totul particulare, similitudinea dinamică se va referi numai la primele patru forțe, enumerate anterior.

Plecând de la expresia forței de inerție care acționează asupra unei particule de masă  $m$  animată de viteza  $v$  pe o traiectorie cu rază de curbura  $r$ :

$$F = m \frac{v^2}{r}$$

rezultă:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{m_2}{m_1} \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 \frac{r_1}{r_2}$$

păstrând pentru elementele modelului indicele 2 și pentru prototip indicele 1.

Notând prin  $\lambda_f$  raportul forțelor de inerție și prin  $\lambda_m$  pe cel al maselor, se poate scrie:

$$\lambda_{fi} = \frac{\lambda_m \cdot \lambda_v^2}{\lambda} = \lambda_m \cdot \lambda \cdot \lambda_t^{-2}$$

Dar

$$\lambda_m = \lambda_\rho \cdot \lambda^3$$

și deci:

$$\lambda_{fi} = \lambda_\rho \cdot \lambda^4 \cdot \lambda_t^{-2} \quad (4)$$

$\lambda_\rho$  reprezentând raportul densităților ( $\rho$ ).

Pentru a determina raportul forțelor de turbulență se ia în considerație expresia forței tangențiale  $F_t$  ce ia naștere în mișcarea turbulentă a curgerii:

$$F_t = \rho \cdot A \cdot \overline{u'v'}$$

în care:

$A$  reprezintă secțiunea transversală a fluidului, în care se produce schimbul lateral al cantităților de mișcare;

$\overline{u'v'}$  – media produsului fluctuațiilor vitezei instantanee ( $u'$ ), în sensul longitudinal și ( $v'$ ) în cel transversal.

Rezultă următorul raport al forțelor de turbulență ( $\lambda_{ft}$ ):

$$\lambda_{ft} = \lambda_\rho \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_v^2 = \lambda_\rho \cdot \lambda^4 \cdot \lambda_t^{-2} = \lambda_{fi} \quad (5)$$

S-a ajuns deci la concluzia că raportul de similitudine al forțelor de turbulență este același cu cel al forțelor de inerție, ceea ce demonstrează că cele două categorii de forțe sunt de aceeași natură.

Pentru similitudinea forțelor de greutate se știe că expresia forței de greutate  $G$  care acționează asupra unei particule lichide de masă  $m$  este:

$$G = m \cdot g$$

și deci, raportul forțelor de greutate ( $\lambda_{fG}$ ) va fi:

$$\lambda_{fG} = \lambda_m \cdot \lambda_g = \lambda_p \cdot \lambda^3 \cdot \lambda_g \quad (6)$$

În sfârșit, în ceea ce privește similitudinea forțelor de vâscozitate  $\lambda_v$ , se pleacă de la expresia dată de Newton, care exprimă forța de vâscozitate ce acționează asupra unui element de suprafață  $dA$ :

$$dF = \mu \cdot dA \cdot \frac{dv}{dn}$$

în care:

$\mu$  reprezintă coeficientul de vâscozitate dinamică, după cum  $v$  reprezintă pe cel de vâscozitate cinematică, iar raportul  $\frac{dv}{dn}$  exprimă gradientul vitezei în direcția normală la  $dA$ .

Expresia anterioară permite exprimarea raportului forțelor de vâscozitate model – prototip, după cum urmează:

$$\lambda_{fv} = \lambda_\mu \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_v \cdot \lambda^{-1} = \lambda_\mu \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_t^{-1} \quad (7)$$

Realizarea similitudinii dinamice implică deci similitudinea cinematică, iar aceasta pe cea geometrică.

### 7.1.2.2. Legile similitudinii dinamice. Criteriile Froude și Reynolds

Urmărind fenomenul real de curgere a lichidelor, se constată, în privința forțelor ce produc mișcarea, că în timp ce forțele de inerție nu pot fi niciodată neglijate, celelalte categorii de forțe intervin într-o măsură mai mare sau mai mică, după natura curgerii și caracteristicile fenomenelor, unele jucând rol primordial, altele putând fi neglijate.

Acest considerent a condus la stabilirea unor legi ale similitudinii dinamice aplicate în modelarea fenomenelor și lucrărilor hidrotehnice. Cea importantă dintre aceste legi este cea numită Reech-Froude, care ține seama de similitudinea forțelor de inerție, de turbulență și greutate, considerând forțele de vâscozitate ca fiind neglijabile în raport cu cele menționate.

Condiția de similitudine impune deci ca:

$$\lambda_{fi} = \lambda_{ft} = \lambda_{fG}$$

Dar, întrucât  $\lambda_{fi} = \lambda_{fG}$ , ținând seama de relațiile

(4) și (6), rezultă:

$$\lambda_p \cdot \lambda^4 \cdot \lambda_t^{-2} = \lambda_p \cdot \lambda^3 \cdot \lambda_g$$

Deoarece  $\lambda_g = 1$  pentru că accelerația gravitațională este aceeași pe model și prototip, se obține:

$$\lambda_v = \sqrt{\lambda} \quad (8)$$

Această relație foarte importantă, care arată că raportul vitezelor este egal cu rădăcina pătrată a raportului lungimilor a fost descoperită de alsacianul Ferdinand Reech încă din 1832 și regăsită și pusă în circulație de englezul William Froude, după 20 ani de la

publicarea ei de către Reech.

Cunoscută în literatura de specialitate mai mult sub numele de numărul lui Froude, ea se mai prezintă adesea și sub alt aspect, transcriind relația (8) sub formă de rapoarte:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$$

sau

$$\frac{v_2}{\sqrt{g \cdot l_2}} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot l_1}}$$

și, în sfârșit

$$\frac{v}{\sqrt{g \cdot l}} = Fr \quad (9)$$

prin  $Fr$  notând ceea ce se numește numărul lui Froude și care impune, ca și condiție de similitudine, identitatea numerelor  $Fr$  în punctele omoloage ale modelului și ale prototipului.

Foarte important este faptul că, cu ajutorul legii de similitudine Reech-Froude, se pot stabili rapoartele tuturor mărimilor care caracterizează curgerea pe model și prototip; astfel:

- pentru timpi:  $\lambda_t = \sqrt{\lambda}$
- pentru viteze:  $\lambda_v = \sqrt{\lambda}$

Deci, pentru raportul debitelor  $\frac{Q_2}{Q_1}$  scara de mo-

delare va fi:

$$\lambda_Q = \lambda_v \cdot \lambda^2 = \lambda^{\frac{5}{2}}$$

- pentru accelerație:  $\lambda_a = \frac{\lambda}{\lambda_t^2} = 1$
- pentru forțe:  $\lambda_f = \lambda_m \cdot \lambda_a = \lambda_p \cdot \lambda^3$
- pentru presiuni:  $\lambda_p = \frac{\lambda_f}{\lambda^2} = \lambda_p \cdot \lambda$
- pentru puteri:  $\lambda_P = \frac{\lambda_f \cdot \lambda}{\lambda_t} = \lambda_p \cdot \lambda^{3,5}$
- pentru pante:  $\lambda_i = \frac{\lambda}{\lambda} = 1$

Se observă că, în toate relațiile de mai sus, intervine scara lungimilor, iar în cele în care intervine scara maselor specifice ( $\lambda_p$ ), aceasta poate fi considerată egală cu unitatea întrucât, de cele mai multe ori, se folosește același lichid pe model, ca și în natură.

Mai este de făcut o observație cu privire la scara presiunilor  $\lambda_p = \frac{P_2}{P_1} = \lambda_p \cdot \lambda$ , din care rezultă:

$$P_1 = \frac{P_2}{\lambda_p \cdot \lambda}$$

Se pot ivi situații în care  $p_1$  să aibă valori inferioare tensiunii vaporilor de lichid la temperatura considerată, de unde apare absența continuității în masa de lichid din prototip.

Aceasta constituie un aspect necorespunzător, un așa numit „efect de seră”, și are loc numai dacă presiunea pe model devine, în unele puncte, inferioară presiunii atmosferice și dacă raportul de similitudine geometrică este foarte mic.

În general, însă similitudinea Reech-Froude este foarte des aplicată în modelarea curgerilor cu suprafață liberă când forțele de vâscozitate pot fi neglijate, adică atât la curgerile neturbulente, pe lucrări scurte – deversoare, prag, salt etc., cât și în cazurile curgerilor foarte turbulente.

*Legea de similitudine Reynolds.* În acest caz, forțele de inerție, de turbulență și de vâscozitate sunt luate în considerație, în timp ce cele de greutate sunt neglijabile; trebuie deci ca cele trei rapoarte  $\lambda_{\rho i}$ ,  $\lambda_{fi}$ ,  $\lambda_f$  să fie egale; dar, după cum s-a arătat,  $\lambda_{fi} = \lambda_{fb}$  astfel încât rămâne de satisfăcut condiția  $\lambda_{fi} = \lambda_v$ , sau, ținând seama de relațiile (4) și (7), se obține:

$$\lambda_\rho \lambda^4 \lambda_i^{-2} = \lambda_\mu \lambda^2 \lambda_i^{-1}$$

sau

$$\frac{\lambda_\mu}{\lambda_\rho} = \lambda^2 \cdot \lambda_i^{-1} = \lambda \lambda_v$$

Dar:

$$\frac{\lambda_\mu}{\lambda_\rho} = \lambda v$$

și deci:

$$\frac{\lambda \cdot \lambda_v}{\lambda_v} = 1 \quad (10)$$

Înlocuind scările de modelare prin rapoartele corespunzătoare model – natură, rezultă expresia cunoscută a numărului adimensional Reynolds:

$$\frac{l_2 v_2}{\nu_2} = \frac{l_1 v_1}{\nu_1} = \text{constant.}$$

Similitudinea Reynolds – care exprimă cu precizie raportul dintre forțele de inerție și cel de vâscozitate – necesită deci obținerea acelorași valori ale numărului  $R_e$ , în punctele omoloage model-natură.

Similitudinea Reynolds se aplică frecvent la modelarea curgerilor sub presiune și la studierea rezistenței corpurilor imerse, când forțele de greutate sunt neglijabile în raport cu cel de inerție și viscozitate.

### 7.1.2.3. Incompatibilitatea legilor de similitudine Reech – Froude și Reynolds

Desigur că se pune problema aplicabilității celor două legi de similitudine pentru cazurile în care nu pot

fi neglijate nici forțele de inerție și nici cele de vâscozitate. Ar trebui atunci ca cele două numere (Froude și Reynolds) să fie egale, dar condiția Froude impunând  $\lambda v = \sqrt{\lambda}$ , la introducerea sa în condiția Reynolds ar

rezulta  $\lambda v = \lambda^{\frac{3}{2}}$ , condiție practic imposibil de realizat întrucât nu se poate lucra pe model cu lichide de vâscozitate diferită de cea din prototip. De aici rezultă incompatibilitatea  $F_r$ ,  $R_e$  și întrebarea consecinței sale asupra modelării.

Diagrama clasică  $\lambda^* = f\left(R_e \cdot \frac{\Delta}{R}\right)$  (fig. 7.1) clarifică în suficientă măsură această problemă.

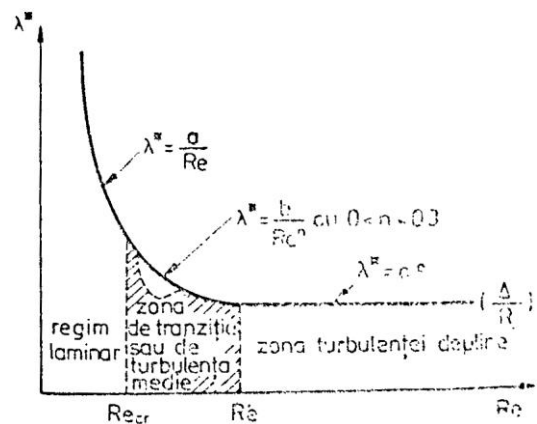


Fig. 7.1. Diagrama  $\lambda^* = f\left(R_e \cdot \frac{\Delta}{R}\right)$

Știind că  $\lambda^*$  reprezintă coeficientul de rezistență (coeficient Darcy) și  $\frac{\Delta}{R}$  rugozitatea relativă echivalentă, diagrama arată clar că pentru o anumită valoare a numărului Reynolds ( $R'_e$ ),  $\lambda^*$  rămâne constant când  $R_e$  variază; acest  $R'_e$ , numit și pragul Reynolds, ne conduce la o importantă concluzie practică: realizarea prin similitudine geometrică a aceleiași rugozități relative pe model și prototip permite modelarea după legea  $F_r$ , chiar dacă numerele  $R_e$  pe model sunt diferite de cele ale prototipului.

Cazurile reale de curgeri cu nivel liber sunt, de cele mai multe ori, de domeniul deplinei turbulențe, dar, pentru modelare, trebuie încă să se țină seama de două aspecte: alegerea corespunzătoare a scărilor geometrice și modelarea corectă a rugozității. Pragul Reynolds exclude folosirea unor scări geometrice mici deoarece acestea pot crea pe model zone de tranziție sau chiar de regim laminar, ori, dacă mișcarea apei pe model ar avea un regim laminar, pierderile de sarcină ar fi liniare, ceea ce ar conduce la nerespectarea similitudinii dinamice.

Utilizarea unor scări geometrice mici sau foarte

mici ar atrage însă și alte inconveniente, ca:

– Necesitatea procurării unei aparaturi speciale de mare finețe și precizie, care ar scumpi costul modelării.

– Apariția unor fenomene dăunătoare, ca de exemplu cele de coeziune a particulelor în cazul modelării cu pat mobil, sau de tensiune superficială în cazul adoptării unor adâncimi mici ale apei, pe model. La modelarea aluviunilor nu trebuie deci folosite particule foarte fine, de ordinul zecimilor de milimetru, întrucât s-ar produce coeziunea particulelor. Fenomenele menționate ar denatura realitatea și modelarea nu și-ar mai atinge scopul.

Condiția unui coeficient de rugozitate ( $\lambda^*$ ) constant implică însă aceleași rugozități absolute și relative pe model și prototip; în cazul anumitor lucrări (ca de exemplu a celor din beton) este dificil de realizat această condiție. Folosind însă pentru determinarea vitezei formula Manning-Strikler:

$$V = \frac{C}{\Delta^{\frac{1}{6}}} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

eroarea rezultată din neidentitatea rugozităților este neglijabilă, întrucât  $\Delta$  intervine la puterea  $1/6$ , influențând într-o măsură foarte redusă valoarea vitezei medii.

În modelarea albiilor se are în vedere, de asemenea, faptul că înălțimea uniformă a asperităților modelului nu reprezintă rugozitatea naturală a albiilor, care este eterogenă, și nici neregularitățile fundului albiei; numai operațiile de etalonare sau tarare a modelului vor putea îndepărta erorile, modificând rugozitatea astfel încât să se obțină aceleași condiții hidraulice de curgere ca pe prototip.

#### 7.1.2.4. Alte aspecte ale modelării hidraulice

*Distorsiunea.* Adoptarea unor scări diferite pentru dimensiunile orizontale față de cele verticale conduce la modele distorsionate; de obicei se utilizează o scară mai mică pentru dimensiunile orizontale ( $\lambda_l$ ) și o altă scară pentru adâncimi ( $\lambda_h$ ).

Raportul  $\frac{\lambda_l}{\lambda_h} = D$  poartă denumirea de distorsiune.

De obicei  $1 < D \leq 3$ . Uneori distorsiunea poate depăși această valoare, ca în cazul modelului redus din la Manche\*, un așa numit model „turnant”, întrucât a fost realizat pe o placă antrenată într-o mișcare de rotație în jurul unui ax vertical; aceasta pentru ca, componenta orizontală a accelerației centrifuge complementare (accelerația Coriolis) produsă prin rotirea plăcii să

fie aceeași cu cea a accelerațiilor orizontale. La acest model  $D = 8,3$ ,  $\Delta h = \frac{1}{300}$ , iar  $D_l = \frac{1}{2500}$ , deoarece numai la o astfel de distorsiune putea fi măsurată amplitudinea undelor mareelor, modelul servind pentru studiul utilizării energetice a mareelor din insulele Chansey.

Dacă se adoptă scări diferite atât pentru lungimi, cât și pentru lățimi și înălțimi, atunci modelul este hiperdistorsionat.

Bineînțeles că pe model trebuie realizate, întotdeauna, condiții limită satisfăcătoare astfel încât parametrii hidrodinamici să fie aceiași ca în natură.

*Modele basculate.* La aceste modele se adoptă o scară a pantelor ( $\lambda_i$ ) diferită de raportul  $\frac{\lambda_h}{\lambda_l}$ . Pentru un

astfel de model se introduce la pantele longitudinale o pantă fixă  $\beta$ , cotele raportându-se la un plan de referință înclinat cu această pantă, în direcția de curgere a curentului:

$$\beta = I_1 \left( \lambda_i - \frac{\lambda_h}{\lambda_l} \right)$$

$I_1$  fiind panta longitudinală a cursului de apă din natură. Rezultă că pantele transversale nu vor fi aceleași cu cele longitudinale, iar scara pantelor longitudinale va fi constantă numai în cazul când respectă condiția următoare, rezultată din expresia anterioară:

$$\lambda_i = \frac{\lambda_h}{\lambda_l} + \frac{\beta}{I}$$

Modelele basculate se pot folosi pentru cursurile de apă cu linii de curent cvasirectilinii și pantă cât mai uniformă; în nici un caz astfel de modele nu pot fi utilizate când se produc curbe de remuu.

#### 7.1.3. MODELAREA MATEMATICĂ. MODELE NUMERICE UNIVERSALE

Lucrările hidrotehnice și hidroenergetice de mare întindere, ca de exemplu amenajările de bazine, îndiguirile și barajele de retenție, cu influența lor asupra curgerii etc., ar reclama studii pe modele de dimensiuni foarte mari sau alegerea unor scări de modelare foarte mici, scări ce ar produce asupra modelului inconveniente deja menționate. Se recurge, în acest caz, la modelele matematice, care reprezintă fenomenele de studiat prin intermediul unui limbaj matematic ce pune în evidență relațiile dintre variabilele problemei, calculatorul permițând apoi rezolvarea pe cale numerică a valorilor necunoscute. Este vorba deci de modele numerice universale bazate pe calculatoarele electronice – numerice.

\* M. Cartier, „Hydraulique générale et appliquée”, Eyrolles, Paris, 1972.

În afara modelelor numerice, modelele matematice pot fi analogice, acestea având ca principiu corespondența dintre mărimile fizice care caracterizează fenomene din domenii diferite.

Referindu-ne la aplicarea modelului matematic în dinamica curenților de suprafață, se va pleca de la ecuațiile diferențiale ce exprimă mișcarea care se va transcrie în diferențe finite. Pentru determinarea valorilor elementelor necunoscute ce ne interesează (adâncimi ale apei, viteze, debite, presiuni) se vor alege pasul timpului și un pas liniar și apoi se vor rezolva numeric ecuațiile date.

Prima problemă ce se pune deci în modelarea matematică este aceea de concepere a modelului, adică de alegere a sistemului de ecuații ce definesc fenomenul studiat, de determinare a modului lor de rezolvare numerică, apoi de stabilire a programului pentru a rezolva cu ajutorul calculatorului ecuațiile problemei.

Construcția modelului necesită datele topografice, caracteristicile hidraulice (adâncimi, debite, viteze), secțiunile de control, rugozitățile reprezentate prin tabele și parametrii numerici; parametrii de ordin secundar se vor neglija; modelul poate fi reglat în sensul ajustării anumitor date (coeficienți de rugozitate), pentru a produce mai bine curgerile permanente sau variabile observate pe prototip.

Exploatarea modelului matematic este mult mai rapidă decât al celui hidraulic, întrucât introducând în calculator modificările care vor caracteriza curgerea, rezultatele pentru diverse puncte și la diferite momente, vor fi furnizate rapid de calculator sub formă de tabele sau curbe. Prin modificarea anumitor date se pot studia cu rapiditate diferite variante și, în particular, se poate determina și soluția optimă din punct de vedere economic, elaborând un program care să cuprindă și estimările de prețuri, pe lângă datele pur hidraulice.

Utilizarea modelului matematic în curgerile cu nivel liber reclamă cele două ecuații de bază, ecuația de continuitate și ecuația mișcării, cunoscute și sub numele de ecuațiile lui Saint-Venant:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_1 \quad (11)$$

în care:

$A(x, h)$  reprezintă secțiunea udată;  
 $Q(x, t)$  – debitul curgerii principale;  
 $Q_1$  – debitul derivat sau affluent

și:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(I - J) \quad (12)$$

în care:

$v(x, t)$  reprezintă viteza medie;  
 $h(x, t)$  – adâncimea apei;  
 $I$  – panta fundului albiei;

$J$  – panta liniei de energie (pierderea de sarcină unitară).

Ecuațiile de mai sus constituie modelul matematic al regimului nepermanent pentru curgerile cu suprafață liberă; ele sunt ecuații diferențiale cu derivate parțiale de tip hiperbolic și se pot rezolva fie prin metoda caracteristicilor, fie prin metode explicite și implicite, după transcrierea lor ca ecuații în diferențe finite.

Condițiile limită amonte și aval se introduc în model prin relații impuse între înălțimi și debite, nivele și timp, sau debite și timp. Un astfel de model permite calculul propagării viiturilor, influența îndiguirilor asupra curgerii, caracteristicile undei de viitură rezultată la ruperea unui baraj etc.

### 7.1.3.1. Modele analogice. Analogia electrică

Din punct de vedere al mijloacelor de realizare, modelarea matematică s-a dezvoltat, în mod deosebit, în direcția modelării analogice, electrice și electronice, pentru rezolvarea problemelor de mișcare a apei prin medii poroase, deci ale hidraulicii subterane.

Modelele analogice au ca principiu de bază identitatea formală a exprimării matematice dintre fenomene fizice diferite, de exemplu, analogia electrohidrodinamică (AEHD) se bazează pe identitatea formală a ecuațiilor hidraulicii și electricității, deci pe analogia dintre două fenomene de naturi fizice diferite; un alt model analogic este cel Darcy-Poiseuille (cunoscut și sub denumirea Hele-Shaw), bazat pe analogia dintre mișcarea apei prin medii poroase și mișcarea laminară a unui fluid vâscos între două plăci plane paralele (fenomene diferite, dar de aceeași natură fizică, cu modele matematice formal identice).

Dispozitivele analogice electrice și electronice sunt de tipul calculatoarelor analogice specializate, care pot modela o clasă restrânsă de fenomene, și calculatoare analogice universale, ce pot modela un cerc larg de fenomene reprezentate de diferite tipuri de ecuații.

Calculatoarele analogice universale cuprind un număr mare de blocuri funcționale sau de elemente standard de calcul (sumatoare, integratoare, generatoare de funcții etc.), și se pot grupa în calculatoare cu elemente pasive – care conțin numai elemente funcționale pasive și generatoare de semnal – și calculatoare cu elemente active (analizoare diferențiale mecanice și electromecanice, analizoare diferențiale incrementale sau numerice, calculatoare electronice de curent alternativ și calculatoare electronice de curent continuu).

Calculatoarele electronice cu elemente active sunt necesare pentru rezolvarea problemelor dinamice care depind de timp, iar cele pasive se folosesc în primul rând pentru rezolvarea situațiilor în care dimensiunile spațiale  $x, y, z$ , sunt variabile independente și nu

depind de timp.

Calculatoarele care rezolvă numai probleme statice mai sunt numite trasoare de câmp și analizoare de potențial, iar cele ce rezolvă problemele dinamice cu variații în timp, sunt denumite analizoare cu rețele RLC sau RC.

Pentru studiul dinamicii apelor subterane sunt folosite îndeosebi calculatoarele analogice cu elemente pasive.

Dintre problemele rezolvabile prin utilizarea modelelor analogice se pot enumera:

- infiltrația în regim permanent și nepermanent prin corpul construcțiilor hidrotehnice și prin masive de pământ;

- mișcarea apei în regim permanent și nepermanent către construcțiile de captare (drenuri, galerii drenante, puțuri etc.);

- stabilitatea masivelor de pământ, a depozitelor de steril, zgură sau cenușă, la acțiunea de infiltrație a apei;

- prognoza regimului apelor freatice în diferite zone;

- mișcarea lichidelor multifazice.

Practica de laborator situează pe prim plan folosirea modelelor analogice reoelectrice pentru studiul problemelor de dinamică a apei prin medii poroase datorită unei serii de avantaje pe care acestea le prezintă în raport cu cele mecanice: exprimarea rapidă a unui număr mare de variante pentru un număr mic de măsurători, vizualizarea directă a unor elemente de mișcare ș.a. Din punctul de vedere al preciziei, cele două metode dau bune rezultate dacă sunt corect aplicate; în afară de rapiditatea obținerii unor rezultate cât mai precise, specialistul va trebui să aibă în vedere criteriul economic în alegerea unui model sau al altuia.

Întrucât problemele de dinamică a apelor subterane dețin un rol covârșitor în tehnica și raționalizarea irigațiilor, drenajelor, îndiguirilor etc., în cele ce urmează se vor reda elementele de bază ale analogiei reoelectrice și cele ale modelului analogic Darcy-Poiseuille și exemplificări de aplicare a modelelor matematice, numerice și analogice în studiul drenajului și al irigațiilor.

*Analogia electrică; corespondența dintre parametrii electrici și cei hidraulici*

În dinamica apelor subterane, ca și în alte fenomene din natură, apar câmpuri de vectori care derivă dintr-un potențial, ceea ce a condus la studiul mișcărilor potențiale ale fluidelor, pe baza identității formale dintre ecuația diferențială a potențialului vitezelor și ecuația diferențială a potențialului electric într-un domeniu fără surse.

Într-adevăr, pornind de la însăși definiția mișcărilor potențiale ca fiind cele la care câmpul vitezelor locale derivă dintr-o funcție scalară de coordonatele spațiului  $\phi$  numită potențialul de viteze, acestea vor fi descrise de relația:

$$\vec{v} = \text{grad } \phi = i \frac{\partial \phi}{\partial x} + j \frac{\partial \phi}{\partial y} + k \frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (12')$$

Expresia ecuației de continuitate a fluidelor incompresibile, cunoscută sub forma:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x} = \text{div } \vec{v} = 0$$

devine, în cazul mișcărilor potențiale, ținând seama de relațiile arătate:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = \Delta \phi = 0 \quad (13)$$

Mișcarea este definită deci printr-o ecuație Laplace; laplacianul  $\Delta \phi$  al funcției  $\phi$  fiind nul, rezultă că potențialul este o funcție armonică și poate fi determinat prin integrarea ecuației în condiții de unicitate date.

Ecuația diferențială a potențialului electric  $U$  într-un domeniu fără surse fiind:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = \Delta U = 0 \quad (14)$$

evidențiază identitatea formală a celor două ecuații (13) și (14) ce definesc fenomene de natură diferită.

Corespondențele dintre mărimile fizice caracteristice celor două clase de fenomene diferite (hidraulic și electric) este sintetizată în tabelul 7.1.

Transformarea mărimilor hidrodinamice în mărimi electrice și invers, se poate efectua cu ajutorul următoarelor rapoarte adimensionale:

**Tabelul 7.1.** Corespondențe analogice

Fenomen hidrodinamic	Fenomen electrodinamic
1. Potențial de viteză $\phi$	1. Potențial electric $U$
2. Linie echipotențială $\phi = \text{const.}$	2. Linie echipotențială $U = \text{const.}$
3. Elementul unei linii de curent = $ds$	3. Elementul unei linii de curent = $ds$
4. Viteza $V = \frac{\partial \phi}{\partial s}$	4. Intensitatea curentului $I = c \frac{\partial u}{\partial s}$
	$c$ – coeficient de conductibilitate
5. Linia de curent, suprafața liberă sau hidro-izolatoare ( $dn \perp ds$ )	5. Suprafața electroizolatoare, linie de curent ( $dn \perp ds$ )



$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial n} = 0$$

$$\begin{aligned}\frac{U}{U_0} &= \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{H}{H_0} \\ \frac{d}{D} \text{grad} U &= \frac{D}{H_0} \text{grad} H \\ \frac{\rho \cdot d}{U_0} i &= \frac{D}{k H_0} v \\ \frac{\rho \cdot I}{U_0 \cdot d} &= \frac{Q}{k H_0 D}\end{aligned}$$

în care:

$H = \varphi$  reprezintă potențialul electric într-un punct al mișcării;

$H_0$  – pierderea totală de sarcină în timpul mișcării;

$U_0$  – diferența totală de potențial electric a modelului;

$\frac{d}{D}$  – raportul dimensiunilor liniare corespunzătoare

scării modelului electric și mișcării fluidului;

$\rho$  – rezistivitatea mediului conductor;

$k$  – coeficient de permeabilitate sau de filtrație;

$v$  – viteza de filtrație în punctul corespunzător de mișcare;

$Q$  – debitul de filtrație corespunzător vitezei și secțiunii considerate din mișcarea fluidului.

Modelele bazate pe corespondența dintre mărimile hidraulice și cele electrice pot fi realizate în cuve electrolitice, din hârtie electroconductoare, modele în rețele electrice, modele analogice în rețele de rezistențe electrice și modele în rezistențe și capacități electrice.

Toate aceste categorii de modele pot fi aplicate pentru studiul drenajului; astfel, modelele în cuve cu electroliți se pot aplica în lucrările drenării teritoriilor agricole în vederea eliminării modificărilor pe care le introduce regimul barat față de cel natural asupra dinamicii apei subterane.

Modelele din hârtie electroconductoare au aplicabilitate în cazul mișcărilor plane, omogene și neomogene; s-a putut studia astfel eficiența unor tipuri de lucrări, ca: prism de drenaj cu gropi drenante, drenuri circulare și sisteme de drenaj vertical.

Drenajul orizontal și vertical, pentru regimurile de mișcare permanent și nepermanent, se poate studia pe modele analogice în rețele electrice.

Modelarea puțurilor de drenaj, a canalelor de drenare-desecare și a drenurilor orizontale se poate realiza și prin utilizarea modelelor în rețele de rezistențe electrice.

Prin ultimul model menționat (în rețele de rezis-

tențe și capacități electrice) se pot rezolva probleme de mișcări permanente și nepermanente, cu sau fără luarea în considerație a evapotranspirației și a precipitațiilor, probleme de difuzie într-o pânză acviferă ș.a.

### 7.1.3.2. Metoda analogiei Darcy-Poiseuille

Analogia dintre mișcarea apei prin medii poroase și mișcarea laminară a unui fluid vâscos între două plăci plane paralele permite determinarea unor scări pentru viteze, timp, debite.

Folosind indicii  $D$  pentru mișcarea de filtrație după legea Darcy și  $P$  pentru mișcarea unui fluid vâscos, viteza într-un punct al lichidului vâscos este dată de gradientul potențialului:

$$V_p = \frac{\partial \varphi}{\partial s} = -\frac{g \cdot a^2}{3\nu} \frac{dh}{ds} = -k_p \frac{dh}{ds} \quad (15)$$

pentru că mișcarea lichidului vâscos între două planuri verticale situate la distanța  $2a$  se face cu viteze medii care admit un potențial de viteză:

$$\varphi = -\frac{g \cdot a^2}{3\nu} \frac{dh}{ds}$$

În relațiile de mai sus, raportul  $\frac{dh}{ds}$  exprimă pierderea de sarcină unitară.

Pentru mediul poros, viteza de filtrație este exprimată prin:

$$V_D = -k_D \frac{dh}{ds} \quad (16)$$

Raportul vitezelor din cele două medii diferite va fi deci:

$$\frac{V_p}{V_D} = \lambda_v = \frac{k_p}{k_D} = \frac{g \cdot a^2}{3 \cdot k_D \nu} \quad (17)$$

În ceea ce privește scara timpului de producere a fenomenelor pentru mișcări nepermanente, aceasta va fi:

$$\lambda_t = \lambda_v \frac{g \cdot a^2}{3\nu k} \quad (18)$$

Ținând seama că la porozitatea  $m$  din natură corespunde  $m = 1$  pe model, scara timpului va fi:

$$\lambda_t = \lambda_v \frac{g \cdot a^2 m}{3\nu k} \quad (19)$$

Exprimarea scărilor anterioare permite și exprimarea scării debitelor, sub forma:

$$\lambda_Q = \lambda_v \cdot \lambda_t \frac{1}{2a} = \frac{k_p}{k_D} \frac{\lambda_t}{2a} \quad (20)$$

Pentru ca analogia să fie valabilă, trebuie ca pe

model mișcarea să fie laminară, deci numărul Reynolds să aibă valori sub cea a lui  $Re_{cr}$ . Practic, legea Darcy este valabilă la  $Re \leq 7-9$ . Numerele  $Re$  mici asigură atât laminaritatea mișcării, cât și valori ne semnificative ale forței de inerție, dacă acestea apar.

Correspondența celor două mișcări este sintetizată prin elementele redată în tabelul 7.2.

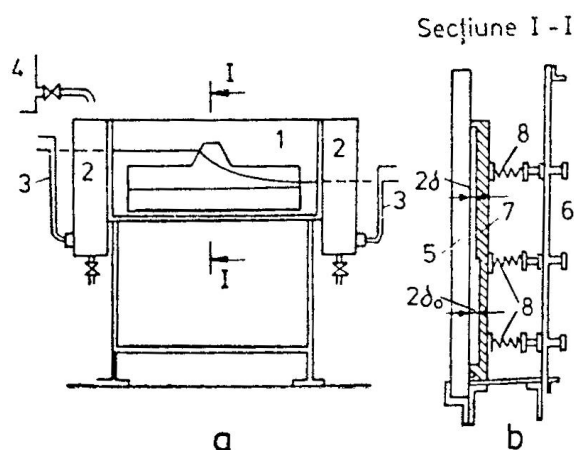
**Tabelul 7.2.** Corespondențe analogice Darcy-Poiseuille

Fenomenul hidrodinamic	Modelul
1. $k = \frac{k_D}{m} = \frac{\text{Coef. Darcy}}{\text{porozitate}}$	1. $k_p = \frac{ga^2}{3}$
2. Înălțimea piezometrică reală $h$	2. Înălțimea piezometrică model $h$
3. Viteza apei în mediul poros $V_D$	3. Viteza fluidului vâcos $V_p$
4. Dimensiunea geometrică reală $l_D$	4. Dimensiunea geometrică a modelului

Obținerea unor rezultate precise pe baza analogiei nu depinde numai de aplicarea corectă a criteriilor de modelare și de identitatea condițiilor de margine și inițiale din natură și de pe model; ea mai depinde într-o foarte mare măsură de execuția corectă a modelului.

Executate de obicei în canale vitrate cu lungime de la 1 m până la 3 m, modelele propriu-zise se pot construi din materiale plastice sau opace.

În figura 7.2 este redată schița unui aparat Darcy-Poiseuille pentru aplicarea metodei analogiei la curenți subterani.



**Fig. 7.2.** Modelul Darcy-Poiseuille: a – vedere de ansamblu; b – secțiune transversală.

Exactitatea rezultatelor depinde de exactitatea de prelucrare a fețelor plane, de deformabilitatea lor, de constanța temperaturii.

De foarte mare importanță pentru suprimarea efectelor parazite este și alegerea fluidului care trebuie să fie foarte vâcos, cum sunt uleiurile minerale și glicerina, care prezintă în plus avantajele curățirii ușoare a dispozitivului și al vizualizării clare a cinematicii curenților.

Modelul Darcy-Poiseuille are aplicabilitate în studierea mișcărilor permanente și nepermanente în medii omogene; pentru medii neomogene el se aplică la studiul mișcărilor permanente, iar pentru cele nepermanente poate fi folosit numai în scop orientativ.

Dintre problemele întâlnite în mod curent în tehnica drenajului, pot fi rezolvate cu ajutorul acestui model următoarele:

– Studiul eficienței drenajului orizontal amplasat în terenuri stratificate, cu aplicare la drenarea-desecarea terenurilor limitrofe digurilor din lungul curbei de remuu, creată ca urmare a amenajărilor hidroenergetice pe fluviu (în particular, pe Dunăre).

– Problema stabilirii necesității drenajului de pe taluzul aval al digurilor și barajelor de pământ fondate pe terenuri cu caracteristici complexe de permeabilitate.

#### 7.1.4. MODELE MATEMATICE, ANALOGICE ȘI FIZICE PENTRU STUDIUL DRENAJULUI

Întrucât pentru modelul matematic în regim permanent relațiile de bază au fost deja redată (ec. 13, 16 etc.), se va expune numai modelul regimului nepermanent și câteva cazuri particulare de modelare matematică specifice domeniilor de drenaj și irigații.

##### 7.1.4.1. Modelul matematic pentru cazul mișcării apei spre drenuri în regim nepermanent

Generalități. Studiul mișcării apei spre drenuri se face plecând tot de la legea lui Darcy și de la ecuația de continuitate, numai că în acest caz funcția de presiune este influențată și de timp.

Analiza drenajului în regim nepermanent (fig. 7.3), luând în considerație toți factorii, este dificilă și greu de aplicat în practică. Dacă se folosesc ipoteze simplificatoare se ajunge la rezultate aproximative.

Regimul nepermanent de funcționare al drenajului are două faze distincte: de ascensiune a nivelului freatic și de coborâre a nivelului freatic.

Pentru regimul nepermanent soluțiile pot fi obținute pe trei căi: analitică, numerică și experimentală.

Soluțiile analitice se bazează pe ipoteza Dupuit-Forchheimer.

În mișcarea apei spre drenuri se deosebesc trei zone de curgere – (verticală, orizontală, radială), dar în studiul matematic al mișcării nu se iau în considerare aceste trei faze, ci se aplică ipotezele Dupuit-Forchheimer.

\* C. Ioan, „Modele de calcul analogic în hidraulica subterană”.

Pentru faza de coborâre a nivelului freatic ecuația generală diferențială Dupuit-Forchheimer este:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h \frac{\partial h}{\partial x} \right) - \frac{mh}{Kt} = 0 \quad (21)$$

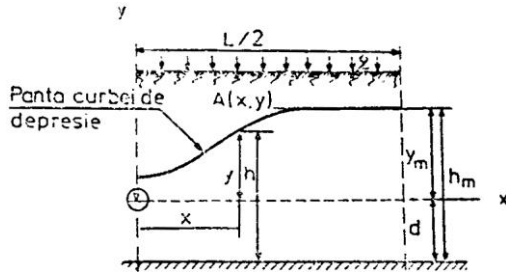


Fig. 7.3. Schematizarea funcționării drenurilor în regim nepermanent:  $A(x, y)$  – punct curent pe curba de depresie.

în care:

$m$  reprezintă porozitatea;  
 $K$  – coeficient de permeabilitate;  
 $t$  – timpul;  
 $x$  – dimensiunea orizontală.  
 Din figura 7.3 se observă că:  
 $h = y + d$

deci ecuația (21) devine:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h \frac{\partial y}{\partial x} \right) - \frac{m \partial y}{K \partial t} = 0 \quad (22)$$

Această ecuație este neliniară, dar dacă variația lui  $h$  este foarte mică în comparație cu mărimea lui, se poate transforma în ecuație liniară, prin aproximare:

$$h = d + \frac{y_m}{2}$$

Ecuația generală diferențială a ipotezei Dupuit-Forchheimer în forma liniară este:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{m \partial y}{K \partial t} = 0 \quad (23)$$

Ecuația neliniară (21) a fost rezolvată de Brooks prin metoda aproximațiilor succesive și a prezentat soluțiile sub formă grafică.

Soluții numerice pentru regimul nepermanent au fost obținute de Isherwood, care a rezolvat ecuația numerică a lui Laplace pentru a prognoza coborârea apei freatice într-un sol omogen, după ce alimentarea este oprită.

Hooghoudt a dezvoltat conceptul unei adâncimi echivalente ca o corecție ce urma să fie aplicată soluțiilor bazate pe ipotezele Dupuit-Forchheimer. S-au obținut ecuații aproximative cu soluții grafice pentru adâncimea echivalentă.

O soluție mult folosită pentru analiza scurgerii spre drenuri este cea a lui Moody.

Din cauza dificultăților rezolvării ecuațiilor mișcării apei spre drenuri în regim nepermanent s-a

ajuns la concluzia că este necesar să se recurgă la soluții experimentale, adică studiul pe modele fizice. Nu trebuie însă neglijată nici rezolvarea matematică a acestor ecuații (studiul să se facă comparativ).

Ecuațiile mișcării apei spre drenuri se pot rezolva mai ușor cu ajutorul calculatoarelor electronice.

Model matematic pentru studiul bilanțului apei subterane adaptat pentru calculator, folosind metoda diferențelor finite. Se consideră o suprafață oarecare  $A$  în plan orizontal  $(x, y)$ , limitată de perimetrul  $P$ , în interiorul căreia are loc o curgere subterană în regim nepermanent (fig. 7.4). Acest strat poros este așezat pe un strat impermeabil. Nivelul freatic este la adâncimea  $h$ .

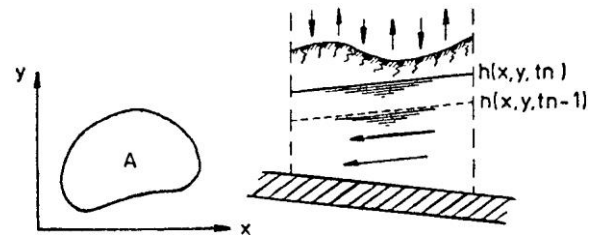


Fig. 7.4. Schema de calcul a modelului matematic pentru studiul bilanțului apei subterane adoptat pentru calculator.

Se presupune că legea lui Darcy este valabilă în cazul acestei mișcări. Ecuația de continuitate pentru stratul de apă considerat este:

$$-\left( \frac{\partial D \cdot v_x}{\partial x} + \frac{\partial D \cdot v_y}{\partial y} \right) + P(x, y, t) = m_e \frac{\partial h}{\partial t} \quad (24)$$

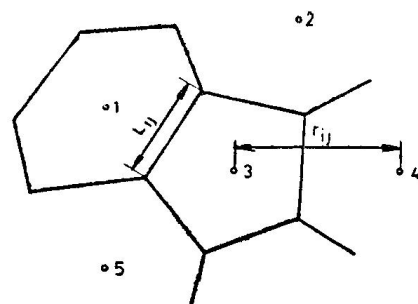
Prin înlocuirea ecuației (12') în ecuația (24) se obține:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K \cdot D \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K \cdot D \frac{\partial h}{\partial y} \right) + P(x, y, t) = m_e \frac{\partial h}{\partial t} \quad (25)$$

în care:

$P$  reprezintă viteza netă verticală (m/s);  
 $K$  – coeficient de permeabilitate (m/s);  
 $D$  – coborârea nivelului freatic (m);  
 $m_e$  – porozitatea efectivă.

Ecuația (25) se poate rezolva prin metode numerice, dintre care una este aceea a lui Tyson și Weber. Potrivit acestei metode, suprafața  $A$  se divide în suprafețe mici, în general, în poligoane în jurul nodurilor (metoda Thiessen figura 7.5).



**Fig. 7.5.** Împărțirea suprafeței în poligoane în jurul nodurilor.

Nodurile sunt numerotate de la 1 la  $N$ , iar nivelul freatic în aceste puncte este:  $h_1(t)$ ,  $h_2(t)$ , ...,  $h_N(t)$ . Nivelul freatic se calculează în noduri, succesiv, prin interpolare liniară.

Transportul apei prin marginile acestor poligoane este dat de relația:

$$V_{ij}(t) = \overline{KD}_{ij} \cdot L_{ij} \frac{h_i - h_j}{r_{ij}} \quad (26)$$

în care:

$i$  reprezintă numărul poligonului considerat;

$j$  – numărul poligonului vecin lui  $i$ ;

$V_{ij}$  – volumul transportat din  $i$  în  $j$ ;

$L_{ij}$  – lungimea laturii comune dintre  $i$  și  $j$ ;

$r_{ij}$  – distanța dintre nodurile  $i$  și  $j$ ;

$D_{ij}$  – adâncimea echivalentă de coborâre a nivelului freatic între  $i$  și  $j$ ;

$\overline{KD}_{ij}$  – valoarea medie a transmisivității dintre  $i$  și  $j$ .

Dacă un poligon este înconjurat de alte  $M$  poligoane, bilanțul apei pentru acest poligon într-un interval  $(t_{n-1}, t_n)$  este:

$$\int_{t_{n-1}}^{t_n} \sum_{j=1}^M V_{ij} dt + P_i(n-1, n) = A_i n_{ei} [h_i(n) - h_i(n-1)] \quad (27)$$

în care:

$A_i$  reprezintă suprafața poligonului;

$P_i$  – viteza netă verticală în acest interval.

Poligoanele se aproximează în așa fel încât să aibă suprafețele aproximativ egale. Cantitatea transportată nu variază mult într-un interval de timp cunoscut, deci poate fi considerată constantă.

Se poate înlocui integrala din ecuația (27) prin:

$$\sum_{j=1}^M V_{ij}(n) \Delta t_n + P_i(n-1, n) = A_i n_{ei} [h_i(n) - h_i(n-1)] \quad (28)$$

Se presupune că  $L_{ij}$ ,  $\overline{KD}_{ij}$  și  $r_{ij}$  sunt constante și

în acest caz se poate înlocui  $\overline{KD} \frac{L}{r}$  prin  $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$ .

Ecuația (28) devine:

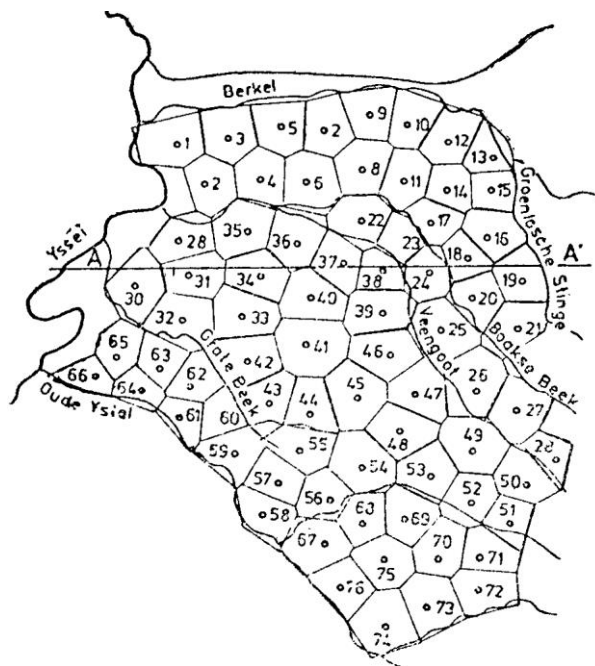
$$\left( A_i n_{ei} + \Delta t_n \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} \right) h_i(n) - \Delta t_n \left[ \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} h_j(n) \right] = A_i n_{ei} h_i(n-1) + P_i(n-1, n) \dots \quad (29)$$

Necunoscutele ecuației (29) sunt  $h_i(n)$  și  $h_{ij}(n)$  ( $i = 1 \dots N, j = 1 \dots M$ ).

Se face bilanțul prin poligon (ecuația 29), se presupune că  $h_{ij}(n) = h_{ij}(n-1)$  și rezultă o valoare  $h_i(n)$

care este folosită în calculele următoare. Pentru a micșora numărul iterațiilor se poate folosi un factor accelerator de convergență.

Aplicații. Rețeaua de poligoane (fig. (7.6)). Pentru a putea face comparație între model și realitate și pentru a avea valorile inițiale ale nivelurilor, se pun în noduri piezometre. Dacă nu este posibil acest lucru, nodurile se fixează în punctele unde se cunoaște nivelul freatic.



**Fig. 7.6.** Model Achterhoek (cifrele reprezintă numărul poligonului).

Suprafața poligoanelor depinde de datele disponibile și de variația în spațiu a fizicii terenului ( $n$ ,  $\overline{KD}$ ). Cu cât eterogenitatea terenului este mai mare, cu atât suprafața poligoanelor va fi mai mică.

Se consideră că transportul prin perimetrul suprafeței totale este zero.

Transmisivitatea  $\overline{KD}$ . Valorile acestei caracteristici sunt obținute prin încercări de pompare, prin estimări, pornind de la cunoașterea surselor și a informațiilor geologice.

Modelul presupune o uniformitate în privința permeabilității. Aceasta împiedică să se realizeze un model mai detaliat și mai fin.

Când coborârea nivelului freatic se face prin pompări, valoarea  $\overline{KD}$  nu va fi constantă; ea va fi legată de nivelul freatic. Pe un interval de timp cunoscut se presupune  $\overline{KD} = \text{constant}$ .

Viteza netă verticală. Acest factor este influențat de: precipitații, evapotranspirație, începând de la nivelul freatic, drenajul natural sau artificial, pompare, desecările artificiale.

Model matematic pentru studiul mișcării soluți-

ilor în sol pe baza teoriei transportului masei.

Mișcarea soluțiilor în sol are loc prin curgerea capilară sau prin transfer de masă între particulele lichide care înconjoară particulele solide. Porozitatea influențează mult mișcarea soluțiilor în sol. La rândul ei, viteza cu care se mișcă soluțiile în sol influențează mult viteza de distribuție-dizolvare.

Dacă pe un sol salinizat se aplică prin irigare apă proaspătă, la început are loc amestecul acestei ape cu o parte din soluția salină, apoi, pe măsură ce se continuă aplicarea apei, amestecul se face cu toată soluția salină. Procesul de înlocuire a soluției saline este un proces de dispersie.

Pentru curgerea unidimensională, ecuația de conservare a masei este:

$$-\frac{1}{f} \left( \frac{\partial C}{\partial V} \right)_z = \left( \frac{\partial c}{\partial V} \right)_z + \left( \frac{\partial \rho}{\partial V} \right)_z \quad (30)$$

în care:

$V$  reprezintă volumul de apă care trece printr-un punct dat pe unitatea de suprafață;

$z$  – adâncimea;

$C$  – concentrația totală a sării:

$$C = c + q$$

unde  $c$  reprezintă concentrația sării mobile, iar  $q$  – concentrația sării imobile.

Ecuația (30) stabilește că orice creștere a cantității de sare în apa care curge printr-o unitate de volum de sol trebuie să egaleze descreșterea cantității de sare mobilă și imobilă din acel volum.

Cantitatea de sare mobilizată din amestecul ce are loc în timpul curgerii este proporțională cu concentrația sării imobilizate din unitatea de volum de sol; cantitatea de sare imobilizată din acel volum va fi în echilibru cu sarea mobilă care curge prin acel volum. Astfel:

$$\frac{dq}{dv} = \frac{a}{B} (q - B \cdot c) \quad (31)$$

în care:

$a$  reprezintă parametrul vitezei de mobilizare;

$B$  – raportul dintre sarea inițial mobilă față de sarea inițial imobilă.

$$\text{La echilibru } \frac{dq}{dv} = 0, \text{ iar atunci } q = B \cdot c.$$

Pentru rezolvarea ecuațiilor (30 și 31), în cazul când filtrarea se face cu apă care nu conține sare, se folosesc doi parametri dimensionali.

$$t = \frac{a(V-n)}{B} \quad (32)$$

$$S = a \cdot n \quad (33)$$

în care:

$n$  reprezintă volumul porilor de deasupra adâncimii  $z$ , care trebuie filtrată;

$V$  – cantitatea de apă care a intrat în sol;

$S$  – parametrul proporțional cu spațiul zonei într-o adâncime de sol dată.

Soluțiile ecuațiilor (30 și 31) în termeni de  $t$  și  $S$  sunt:

$$\frac{c}{c_0} = 1 - J(S, t) \quad (34)$$

$$\frac{q}{q_0} = J(t, S) \quad (35)$$

în care:

$t$  reprezintă un parametru adimensional proporțional cu volumul apei de filtrare.

Funcția  $J(t, S)$  este definită de:

$$J(t, S) = 1 - \int_0^t \exp(-S, -\xi) I_0(2\sqrt{S\xi}) d\xi \quad (36)$$

în care:

$I_0$  este o funcție Bessel.

Integrarea se face numeric. O metodă grafică de determinare a expresiei  $J(t, S)$  este dată în fig. 7.7.

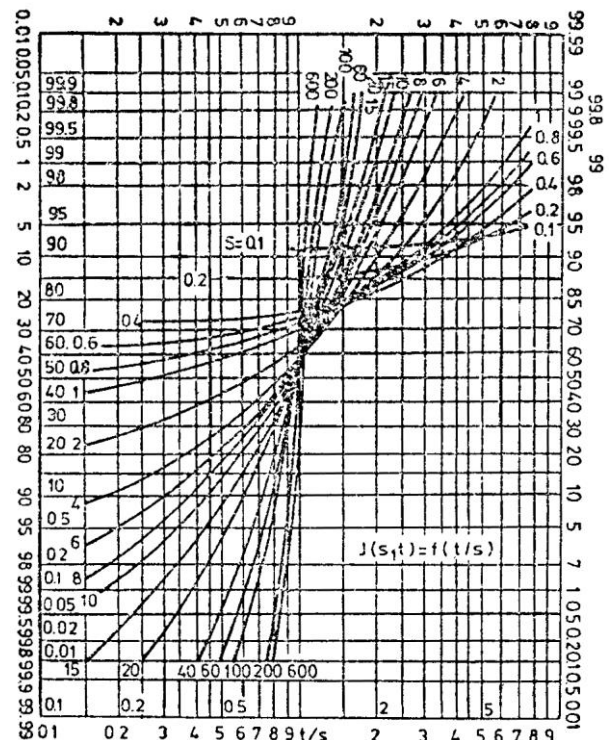


Fig. 7.7. Funcția  $J(t, S)$  schițată pe raportul  $t/S$ .

Din ecuațiile (35 și 36):

$$C = c_0 [1 - J(S, t)] + qJ(S, t) = c_0 [1 - J(S, t)] + B \cdot J(S, t) \quad (37)$$

în care  $B$  se prezintă, în general, mai mic decât 1, și  $1 - J(S, t)$  nu diferă prea mult de  $J(t, S)$ . Se obține:

$$C = c_0 (1 + B) [1 - J(S, t)] \quad (38)$$

În cazul când filtrarea se face cu apă care conține sare, analiza matematică a fenomenului se face ca mai

sus, dar se ia în considerare concentrația apei folosite ( $C^*$ ). Astfel, în locul ecuației (38) se folosește:

$$\frac{C - C^*}{C_0 - C^*} = 1 - J(S, t) \quad (39)$$

#### 7.1.4.2. Modele analogice pentru studiul drenajului

Pentru studiul drenajului se utilizează îndeosebi modelele analogice în rețele de rezistențe electrice; de altfel, aceste modele pot rezolva o gamă largă de probleme ale dinamicii apei subterane, atât pentru cazul mișcărilor plane cât și ale celor spațiale, în regim permanent și nepermanent: modelarea bazinelor subterane, studiul complex al infiltrației și pe sub barajele neomogene din pământ, modelarea puțurilor de drenaj, canalelor de drenare-desecare și a drenurilor orizontale ș.a.

Principiul unei rețele de rezistență este simplu. În orice punct al rețelei de rezistență tensiunea poate fi calculată ca media tensiunilor din patru puncte vecine. Conform legii lui Kirchhoff, suma algebrică a curenților ce trec printr-un nod ( $P_0$ ) este zero.

$$\sum_{P_1}^{P_5} i P_0 = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0 \quad (40)$$

Modelul cu rețea de rezistență este alcătuit din: sursa de curent alternativ, redresor de curent continuu, rezistență variabilă, întrerupător, voltmetru și miliampermetru.

Cu ajutorul ecuației Laplace (11) se pot afla o infinitate de soluții:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0 \quad (41)$$

Se obține și o soluție particulară pentru anumite condiții limită.

Realizarea condițiilor limită se realizează cu ajutorul modelului reoelectric.

1. Punct pe limita impermeabilă ( $a, b$  în fig. 7.8). Se presupune că trecerea curentului între punctele  $AD$ ,  $BC$  și  $CD$  (fig. 7.9) are loc în secțiunile hașurate orizontal și respectiv vertical. Trecerea curentului între punctele  $BC$  de pe limita impermeabilă are loc prin secțiunea triunghiulară  $BCM$ , care este jumătate din celelalte secțiuni.

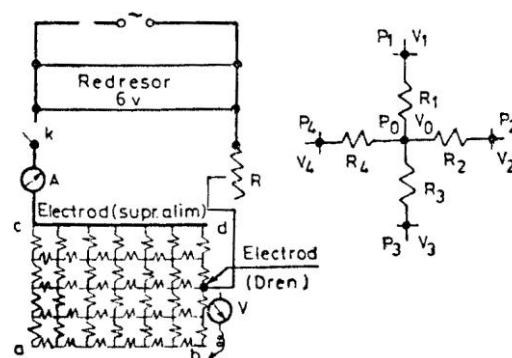


Fig. 7.8. Model cu mediu electroconductor discontinuu:  
 $P_i$  – noduri;  $V_i$  – tensiuni în noduri;  $R$  – rezistențe;  
 $A$  – ampermetru.

Rezistența exterioră  $BC$  va fi de două ori rezistențele interioare, deoarece rezistența este invers proporțională cu curentul.

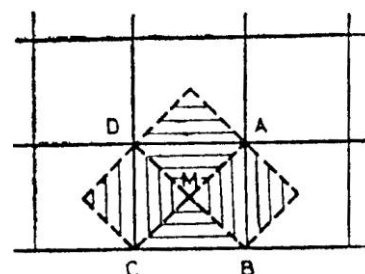


Fig. 7.9. Punct pe limita impermeabilă. Transpunere pe model.

2. Extinderea rețelei. Pentru a mări zona de studiu se extinde rețeaua de rezistență, prin adăugarea de rezistențe de-a lungul limitei.

Fie de exemplu  $P_1$  și  $P_2$  noduri la limita rețelei (fig. 7.10). Rezistența de bază este  $R_0$ , iar  $h$  este intervalul. Pentru a amplasa o serie de puncte ( $P_3, P_4$ ) la distanța  $nh$  de rețeaua de bază se introduc rezistențe:

$$R_{P_2 P_4} = n \cdot R_0$$

$$R_{P_3 P_4} = \frac{R_0}{n - \frac{1}{2}} = \frac{2R_0}{2n - 1}$$

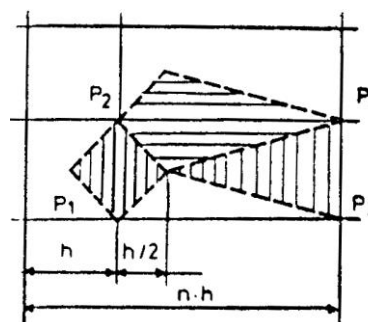


Fig. 7.10. Extinderea rețelei de rezistență.

3. Linii de curent. Rețeaua de rezistență se face astfel încât să arate liniile de curent ale nodului în care

se produce scurgerea și punctul de echipotențial.

Modificările care apar în condițiile limită se bazează pe faptul că funcția de potențial care determină punctul de sarcină hidraulică este o funcție armonică și ca o condiție necesară apare legătura ei cu funcția de curent.

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$$

În cazul drenajului, limita impermeabilă este orizontală și se folosește a doua ecuație Cauchy Riemann:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0, \quad -\frac{\partial \psi}{\partial x} = 0$$

În comparație cu metodele analitice, modelele analogice reoelectrice prezintă numeroase avantaje. Din această cauză ele se situează pe primul plan în practica de laborator pentru studiul problemelor de mișcare a apei prin medii poroase.

Modelele analogice permit examinarea rapidă a unui mare număr de variante pentru un număr mic de măsurători și sunt foarte utile atunci când nu se dispune de calculator electronic.

#### 7.1.4.3. Modele fizice pentru studiul drenajului

Studiul drenajului se poate face pe modele fizice la scară naturală și la scară de laborator. În cazul când se fac studii pe modele fizice la scară naturală (în câmp) pot apărea factori accidentali care determină fie anularea experienței, fie prelungirea duratei ei; de asemenea, pot apărea erori în aprecierea rezultatelor.

De aceea se folosesc, în prezent, din ce în ce mai mult, modele fizice la scară de laborator. Scopul modelelor fizice la scară de laborator este de a reprezenta prototipul printr-un model de mărime adecvată.

1° Modele fizice la scară de laborator pentru studiul drenajului

Pentru ca rezultatele cercetării experimentale, efectuate în raport cu un fenomen concret, să poată fi extinse asupra unei întregi serii de fenomene similare, este necesar să se respecte anumite reguli studiate de teoria similitudinii.

În modelarea diferitelor fenomene, fiecare mărime din obiectul de modelat este pusă în corespondență cu o anumită mărime de pe model, trecerea făcându-se prin intermediul factorului de scară ( $\lambda_D$ ).

$$\lambda_D = \frac{[D_0]}{[D_m]} \quad (42)$$

în care:

$D_0$  – dimensiunea din obiectul de modelat;

$D_m$  – dimensiunea corespunzătoare din model.

Criteriile de similitudine pentru folosirea modelelor proiectate în laborator pot fi obținute scriind ecuația lui Richards la scară, cu parametrii sistemului de lungime, presiune și timp.

$$\operatorname{div} \left[ \frac{K_e}{\mu} \nabla (P_w + \rho \cdot g \cdot z) \right] = m \frac{\partial s}{\partial t} \quad (43)$$

în care:

$K_e$  reprezintă permeabilitatea efectivă;

$\mu$  – vâscozitatea lichidului;

$P_w$  – presiunea lichidului;

$\rho$  – densitatea;

$g$  – accelerația gravitațională;

$z$  – coordonata verticală;

$m$  – porozitatea mediului;

$s$  – gradul de saturație cu lichid

$t$  – timpul.

Ecuația (43) poate fi scrisă sub formă adimensională alegându-se ca unități standard; coeficientul de permeabilitate ( $K$ ), presiunea ( $P_0$ ), timpul ( $t_0$ ), lungimea ( $L_0$ ):

$$\left[ \frac{t_0 K P_0}{L_0^2 m_e} \right] L_0 \operatorname{div} \left\{ \frac{K_e}{K} L_0 \nabla \left[ \frac{P_w}{P_0} + \frac{r \cdot g \cdot L_0}{P_0} \right] \frac{z}{L_0} \right\} = \frac{\partial S_0}{\partial t} \frac{t_0}{t_0} \quad (44)$$

Prin înlocuirea unităților standard în ecuația (44) se obține:

$$\operatorname{div} [K \cdot \nabla (P_0 + z_0)] = \frac{\partial s}{\partial t} \quad (45)$$

Din relația (45) rezultă criteriile de similitudine pe care trebuie să le satisfacă două sisteme de drenaj:

- să existe similitudine geometrică;
- condițiile inițiale și limită în funcție de variabile la scară să fie aceleași pentru ambele sisteme;
- relațiile funcționale dintre  $K_0$ ,  $P_0$ ,  $s_0$  sunt identice pentru ambele sisteme.

Luând în considerație aceste criterii de scară, se poate studia fenomenul de drenaj pe modele unidimensionale și bidimensionale.

**Modele fizice unidimensionale.** Drenajul unidimensional este folosit pentru simplitatea lui experimentală (criteriile de scară nu sunt influențate de numărul dimensiunilor folosite).

Criteriile de scară cer ca un anumit fluid și proprietățile mediului poros ( $K$ ,  $P_b$ ,  $S_r$  și indicele de distribuție a porilor  $\lambda$ ) să fie cunoscute înainte, astfel ca studiile de modelare să poată fi făcute.

După ce se stabilesc proprietățile mediilor și se fixează scările se încep experiențele. Se măsoară debitul de evacuare în funcție de timp (fig. 7.11) și presiunea. Aceste măsurători se continuă, până când valoarea debitului exterior este aproape zero. Lungimea la scară influențează mult procesul de drenaj.



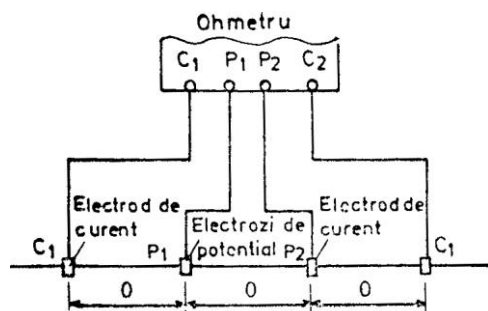


Fig. 7.11. Montajul Wemmer.

*Modele fizice bidimensionale.* Studiul complet al drenajului se poate face pe modele bidimensionale. O atenție deosebită se acordă studiului sensibilității drenajului față de valoarea lui  $\lambda$ , care caracterizează distribuția saturației deasupra pânzei freatice.

Condițiile de echilibru pentru regimurile parțial saturate sunt:

$$S_0 = P_0^{-\lambda} \text{ pentru } P_0 \geq 1; S_0 = 1 \text{ pentru } P_0 \leq 1$$

în care:

$P_0$  reprezintă presiunea capilară;

$S_0$  – saturația efectivă.

Legătura dintre presiunea relativă poate fi exprimată prin:

$$K_0 = P_0^{-\eta} \text{ pentru } P_0 \geq 1; K_0 = 1 \text{ pentru } P_0 \leq 1$$

Aceste relații sunt valabile în toate fazele scurgerii periodice, dar relația dintre presiunea capilară ( $P_0$ ) și ridicarea la scară deasupra stratului freatic ( $Z_0$ ) nu este cunoscută decât în fazele inițiale și finale, când  $Z_0 = P_0$ .

2° Modele fizice la scară naturală pentru studiul drenajului

Studiul drenajului cu ajutorul modelelor matematice și fizice de laborator oferă posibilitatea reducerii numărului variantelor posibile ce ar putea fi studiate în teren.

Pe modelele fizice la scară naturală se studiază numai acele variante care prezintă indici superiori. Un model fizic la scară naturală va fi astfel amenajat încât să îndeplinească următoarele cerințe:

- urmărirea evoluției dinamicii nivelurilor freatice;
- urmărirea eficienței diverselor materiale de drenaj asupra ameliorării solului;
- urmărirea eficienței diverselor distanțe între drenuri asupra ameliorării solului;
- urmărirea în timp a mineralizării apei freatice;
- urmărirea în timp a salinității solului.

Având în vedere scopurile multiple pe care le va îndeplini câmpul experimental, va fi necesar ca pe întreaga durată de funcționare a complexului sol – drenaj – spălare – irigare să se efectueze măsurători cu privire la: dinamica umidității solului, dinamica variației ni-

velurilor freatice, debite și niveluri pe drenuri, analize de laborator.

Pentru aceasta, câmpul experimental va fi dotat cu: aparate pentru determinarea umidității solului, instalații de măsurare a nivelurilor freatice, aparate și instrumente pentru determinarea debitelor și nivelurilor, aparate pentru determinarea salinității.

Pentru a urmări efectul lucrărilor de drenaj închis se înființează staționare hidrogeologice. Conductivitatea aparentă ( $EC_a$ ) se determină din măsurători ale rezistenței, când electrozii sunt dispuși într-un anumit fel (montajul Wemmer, figura 7.11).

Studiul comportamentului drenajului în câmpuri experimentale s-a făcut atât în țara noastră cât și în multe alte țări. Rezultatele unor asemenea studii sunt prezentate în tabelul 7.3.

### 7.1.5. MODELE MATEMATICE DE SPĂLARE ȘI IRIGARE – SPĂLARE A TERENURILOR SĂRĂTURATE

Pentru ameliorarea terenurilor sărăturate se utilizează în primul rând drenajul urmat de spălări cu rolul de îndepărtare a sărurilor solubile care depășesc conținutul normal necesar creșterii și dezvoltării plantelor.

Procesul spălării solurilor a fost modelat teoretic de Van der Molen și Van Hoorn, care au considerat că nu există interacțiuni chimice sau fizice între soluția din sol și solul propriu-zis<sup>\*</sup>; acest model a fost necesar pentru a se studia desalinizarea polderelor din fostul golf Zuiderzee (Olanda).

Un model matematic al spălării solurilor sărăturate a fost conceput de Berar, Ionescu și Mihnea în 1980, plecându-se de la relația:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \Phi^\circ(P, M, E, I, F, Q)$$

în care:

$U$  reprezintă umiditatea solului;

$t$  – timpul considerat egal cu cel de la sfârșitul perioadei de spălare ( $T$ );

$P$  – precipitațiile;

$M$  – norma de spălarea solului;

$I$  – intercepția apei la suprafața solului;

$F$  – infiltrația;

$Q$  – debitul drenat.

Modelul își propune determinarea echilibrului bilanțului apei în sol la diferite intervale de timp  $DT$ , folosind pentru aceasta și relația care exprimă variația cantității de săruri din sol:

<sup>\*</sup> I. Mihnea, N. Oanea, V. Dobre, „Tehnica ameliorării terenurilor sărăturate prin lucrări de îmbunătățiri funciare”, Editura Ceres, 1981.

$$\frac{\partial CS}{\partial t} = \emptyset(SM; SF, SS)$$

în care:

$CS$  reprezintă conținutul de săruri în sol;

$SM$  – conținutul de săruri aduse de apa de spă-

lare;

$SF$  – conținutul de săruri aduse de apa freatică;

$SS$  – conținutul de săruri evacuat de rețeaua de

drenaj.

S-a ținut, de asemenea, seama de relația care se referă la evoluția cantităților de apă într-un interval de timp  $DT$ :

$$SM + SF + CSA = SS + CSB$$

în care notațiile  $A$  și  $B$  se referă la volumul respectiv la începutul și la sfârșitul perioadei  $DT$ .

**Tabelul 7.3.** Exemple de câmpuri experimentale pentru studiul drenajului

Localitatea	Starea terenului	Climatul	Sistemul de drenaj adoptat	Modul de aplicare a apei	Rezultate obținute, concluzii
Sontyranne (Franța)	Mlăștinos, cu salinitatea ridicată $S = 30$ ha	Vara precipitații, toamna precipitații intense	Drenuri flexibile din PVC, ceramică, rigide, la adâncimi de 1,2 m și distanțe de 12, 16, 24, 32 m	Aspersiunea (se folosesc apele Rhônului)	Drenajul este mai activ dacă drenurile sunt învelite cu material filtrant. Este posibilă drenarea solurilor saline alcalice cu conținut ridicat de calcar cu ajutorul drenurilor îngropate. Drenajul + irigațiile asigură o desalinizare eficientă.
Ferma Institutului central de cercetări a salinității solului Karnal (India)	Argilos, permeabilitatea este foarte mică, salinitatea sodică, ridicată, nivelul freatic la 3,5 m	Arid	Drenuri tubulare	Aspersiunea intermitentă. Aspersiunea continuă	Unele parcele au fost tratate cu ghips altele nu. – Adăugarea ghipsului a micșorat extinderea fisurilor din sol. – Solurile tratate au o concentrație mai mică, comparativ cu cele netratate. – Ghipsul a mărit eficiența spălării. – Spălarea maximă s-a atins când apa era dată continuu, urmată de udarea alternativă.
Osoi – Iași România	Greu, salinizat cu ape subterane salinizate $S = 43$ ha	Continental, cu $ET > P$	Drenaj orizontal ceramică, PVC rîflat, mat. locale, (cu diverse tipuri de filtre)	Scurgere la suprafață, aspersiune, inundare	După 3 ani: schimbarea balanței hidrosaline, cu distanța între drenuri (primele constatări) – în condițiile de permeabilitate mică spălarea solurilor sodice este mai eficientă dacă apa se aplică prin udare continuă și se face tratament cu ghips.
Dujailah Utah Annanah (Irak)	Argilă nămolosă, conține 20-30% CaO (ploturi)	Excesiv, de vară	Diferite tipuri de drenaj (cu tuburi și cu canale)	Inundare	Debitul necesar a fi drenat depinde de cantitatea sărurilor ce trebuie spălate. – Este recomandabil să se facă o spălare inițială, când solul este neacoperit. – Eficiența spălării depinde de: metoda de irigare, panta terenului, condițiile de sol și tipul de drenaj.
Socodor (România)	Mlăștinos alcalic, apă freatică la adâncimea de 0,5-1,5 m și este mineralizată	Temperat continental, mare variabilitate a condițiilor meteorologice	Drenaj vertical Drenaj orizontal (drenuri din ceramică, PVC)	Aspersiune intermitentă	Drenajul vertical asigură o slabă evacuare a apelor de suprafață, fără posibilitatea de acțiune asupra coborârii nivelului stratului acvifer, datorită însușirilor fizico-chimice speciale ale solului și caracterului ascensional al apei freatice. Drenajul orizontal s-a dovedit a fi foarte eficient.

Folosind algoritmul „stării medii a sistemelor”, relațiile anterioare se operează prin iterații, iar informatic se fac fișiere care se analizează prin testări de intervale de timp pentru întreaga perioadă și pentru seria de soluri cercetate.

Un alt model de simulare și optimizare a regimului de irigare-spălare a fost conceput de dr. ing. V. Dobre pentru serele drenate, efectuat timp de 3 ani, pentru 6 cicluri de vegetație.

În acest caz, evoluția umidității în sol s-a exprimat prin următoarea relație simplă:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \emptyset(M, E, S)$$

în care:

$U$  reprezintă umiditatea solului;

$M$  – norma de spălare;

$E$  – evaporația;

$S$  – curgerea subterană.

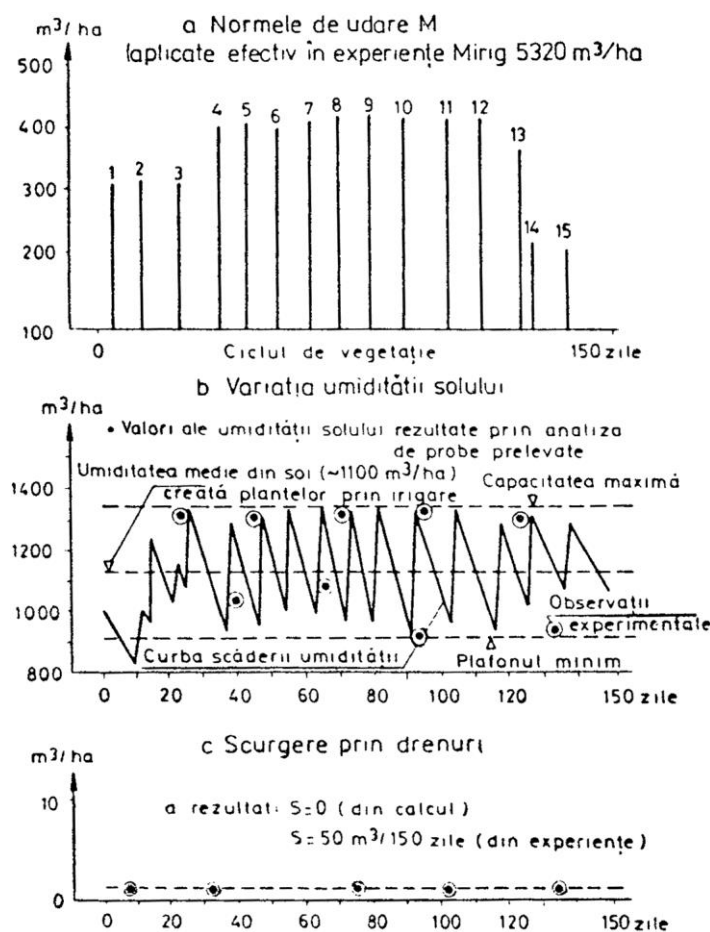


Fig. 7.12. Rezultatele obținute în varianta I.

Pentru două momente diferite de timp ( $t$  și  $t + 1$ ), prin dezvoltarea relației:

$$U(t) - U(t + 1) = \Delta t(M, E, S)t \div t + 1$$

s-a obținut următoarea relație de bilanț a apei în sol:

$$M_{t \div t+1} + T_t = E_{t \div t+1} + U_{t+1} + S_{t \div t+1}$$

Folosind programul M.P.S., prin programarea liniară s-a folosit modelul de mai sus pentru o serie de variante întâlnite în practică, stabilindu-se regimul optim de irigare-spălare; astfel, într-o primă variantă, umiditatea solului a fost analizată în funcție de normele de udare aplicate efectiv pentru spălarea sărurilor.

Rezultatele obținute în varianta I sunt redată în figura 7.12.

Prin rularea datelor obținute s-a ajuns la concluzii privind umiditatea optimă a plantelor, spălarea sărurilor și valoarea debitelor evacuate prin drenuri.

## 7.2. RAȚIONALIZĂRI ÎN PROIECTAREA CANALELOR DE IRIGAȚII, DESECĂRI (ȘI CU ALTE ROLURI), FUNCȚIONÂND CU DEBIT VARIABIL

### 7.2.1. GENERALITĂȚI

În tehnica îmbunătățirilor funciare (irigații, desecări, drenaje, combaterea eroziunii solului) se întâlnesc frecvent canale prismatice cu debit progresiv variabil, crescător sau descrescător.

Astfel, debitul unui canal colector principal, debitul unui canal de desecare, al unei galerii drenante, al unui canal de centură (coastă) crește progresiv spre aval în funcție de suprafața deservită și de coeficienții de scurgere superficială sau subterană.

Debitul afluent poate alimenta canalul pe o latură sau ambele laturi, iar acest debit afluent poate fi constant sau variabil în lungul canalului în funcție de mărimea și forma suprafeței deservite și de coeficienții de scurgere (fig. 7.13).

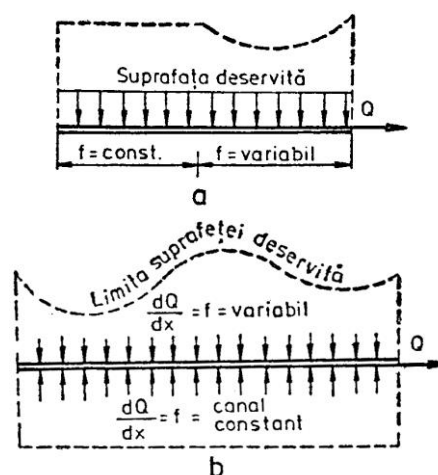


Fig. 7.13. Schema de alimentare a canalului cu debit variabil: a) unilateral; b) bilateral

În mod analog canalele pot distribui în lungul lor un debit uniform sau variabil, ca de exemplu prin deversoare laterale, prin sifoane sau tuburi laterale (irigare prin brazde din canale) putând exista pe canale barări și/sau căderi (fig. 7.16).

Problemele analizate se referă la un canal prismatic cu debit progresiv crescător (cu aport lateral) și descrescător (când se prelevă din canal) în mod separat, ele prezentând anumite particularități.

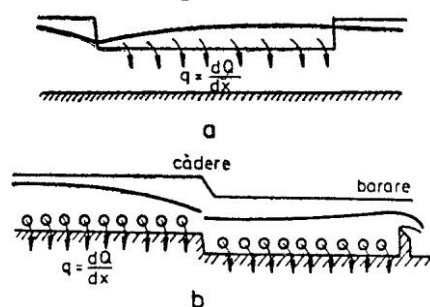


Fig. 7.14. Schema canalelor care distribuie în lungul lor: a) prin deversor lateral; b) prin orificii (tuburi, sifoane).

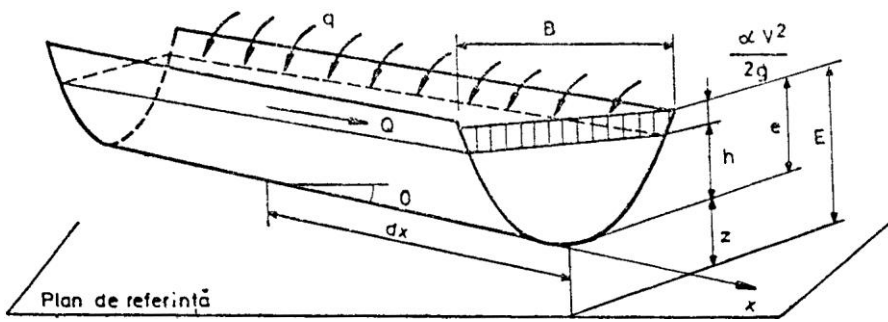


Fig. 7.15. Energia specifică a secțiunii

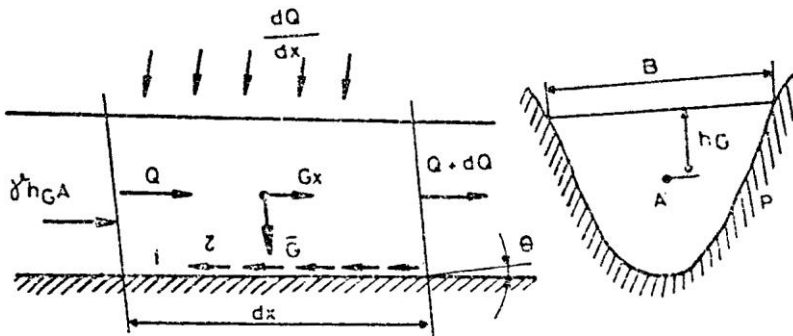


Fig. 7.16. Schema de aplicare a teoremei impulsului pe porțiunea dx a canalului.

## 7.2.2. CURGEREA ÎNTR-UN CANAL CU DEBIT PROGRESIV CRESCĂTOR

Pentru un canal prismatic sau cilindric energia specifică a secțiunii este o funcție de două variabile,  $h$  și  $Q$  (fig. 7.15):

$$e = h + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \quad (46)$$

iar variația sa în lungul curentului este definită prin:

$$\frac{de}{dx} = \frac{\partial e}{\partial h} \cdot \frac{dh}{dx} + \frac{\partial e}{\partial Q} \cdot \frac{dQ}{dx} = \left(1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}\right) \frac{dh}{dx} + \frac{\alpha Q}{gA^2} \frac{dQ}{dx} \quad (47)$$

Energia specifică a curentului față de planul de referință:

$$E = z + h + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (48)$$

iar variația acesteia în lungul curentului definește panta hidrolică (energetică)

$$I = -\frac{dE}{dx}$$

### 7.2.2.1. Ecuația mișcării

Se presupune că aportul de apă are loc normal pe axa canalului și afluența nu introduce energie cinetică în momentul amestecului și nu modifică componenta

longitudinală a cantității de mișcare (fapt presupus de Marchi, apoi de R. Silber).

Se aplică teorema impulsului unei mase de lichid cuprinsă pe porțiunea  $x$  a unui canal și se proiectează după direcția de curgere împreună cu împingerea rezultată din presiune:

$$F = \frac{\beta \rho Q^2}{A} + g h_G A \quad (49)$$

în care:

$$Q = Q(x) \text{ și } A = A(h, x).$$

Prin diferențiere pe distanța  $dx$  devine:

$$dF = \frac{2\beta \rho Q}{A} dQ - \frac{\beta \rho Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial h} dh + \gamma A dh \quad (50)$$

Această forță elementară este echilibrată de forța de frecare și componenta greutatei apei pe direcția de curgere (fig. 7.16).

$$dF = -\tau P dx + \gamma A dx \sin \theta \quad (51)$$

Prin înlocuirea:

$$\frac{\partial A}{\partial h} = B$$

$$\tau = R \cdot I$$

$$\sin \theta \sim \tan \theta = i$$

după egalarea relațiilor (50) cu (51) și împărțire cu  $\gamma A dx$  se obține:

$$\frac{2\beta Q}{gA^2} \frac{dQ}{dx} + \left(1 - \frac{\beta Q^2 B}{gA^2}\right) \frac{dh}{dx} = i - I \quad (52)$$

Astfel, ecuația mișcării devine:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i - I - \frac{2\beta Q}{gA^2} \frac{dQ}{dx}}{1 - \frac{\beta Q^2 B}{gA^3}} = \frac{i - I - \frac{2\beta Q \cdot q}{gA^2}}{1 - \frac{\beta Q^2 B}{gAS}} \quad (53)$$

în care  $q = \frac{dQ}{dx}$  este pozitiv.

Când  $q = 0$  se obține ecuația mișcării permanente gradual variate în albi prismatice și cilindrice.

Din (53) și (47) se obține variația energiei specifice a secțiunii în lungul curentului sub forma:

$$\frac{de}{dx} = i - I - \frac{\beta \cdot Q \cdot q}{gA^2} \quad (54)$$

### 7.2.2.2. Adâncimea normală și pseudonormală

Adâncimea critică se definește prin:

$$\frac{QB_{cr}}{gA_{cr}^3} = 1 \quad (55)$$

și este totdeauna rădăcina numitorului relației (53).

Pentru o mișcare cu debit constant, anularea ecuației (53) definește adâncimea normală pentru condiția:

$$i = I = \frac{Q^2}{A^3 C^2 R} \quad (56)$$

și corespunde pentru două proprietăți simultane:

$$\frac{dh}{dx} = 0 \text{ și } \frac{de}{dx} = 0 \quad (57)$$

În cazul debitului crescător pentru toate debitele  $Q$  se distinge:

a) o adâncime pseudonormală  $h_{01}$  definită prin:

$$\frac{de}{dx} = 0 \text{ sau } i - I - \frac{\beta q Q}{gA^2} = 0 \quad (58)$$

b) o adâncime normală  $h_{02}$  dată de:

$$\frac{dh}{dx} = 0 \text{ sau } i - I - \frac{2\beta q Q}{gA^2} = 0 \quad (59)$$

Valorile lui  $h_{01}$  și  $h_{02}$  cresc spre aval odată cu creșterea abscisei și debitului. Adâncimea normală totdeauna este superioară adâncimii pseudonormale, însă față de adâncimea critică pot avea diverse poziții.

Un exemplu privind variația adâncimii normale, pseudonormale și critice este redat în figura 7.17.

### 7.2.2.3. Forma curbelor suprafeței libere în mișcare gradual variată în canal cu debit progresiv crescător

Pentru stabilirea forme suprafeței apei se utilizează analiza după metoda

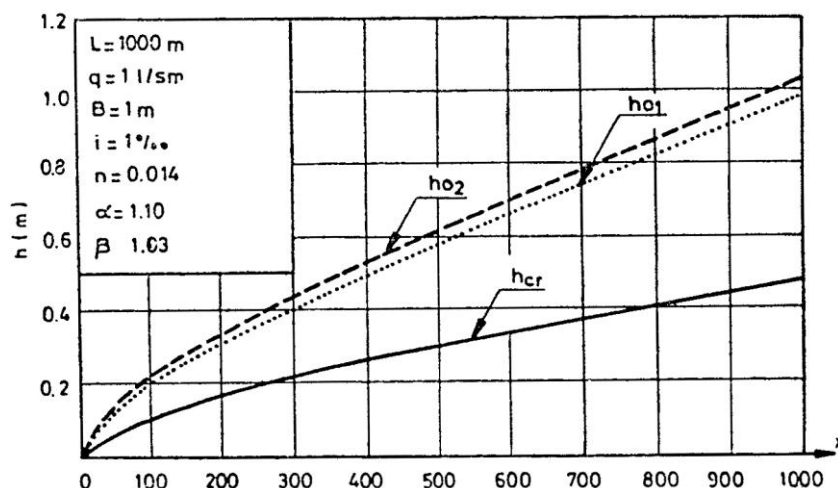
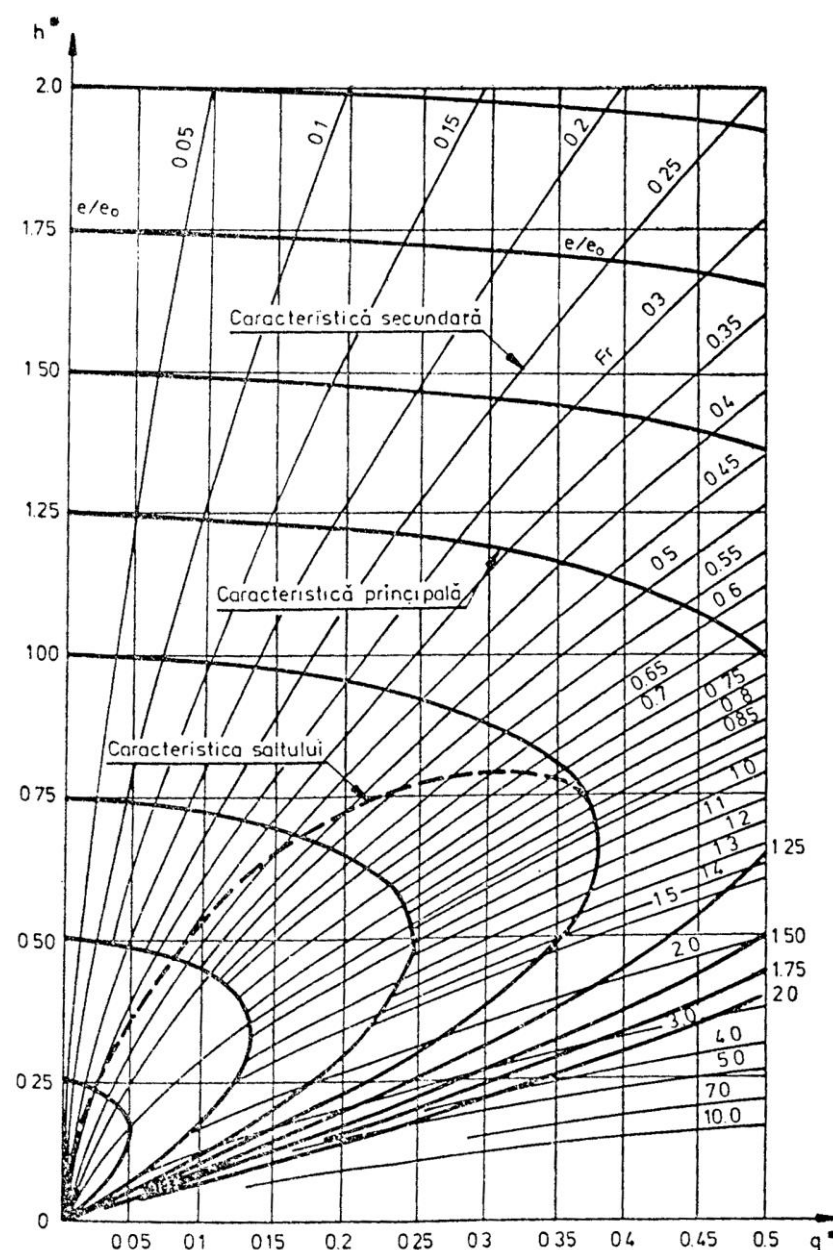


Fig. 7.17. Variația adâncimii normale, pseudonormale și critice pentru un canal dreptunghiular cu scurgere lentă, când colectează uniform în lungul său.



elaborată de R. Silber, bazată pe diagrama universală a curgerii cu nivel liber. Diagrama universală cuprinde caracteristicile principale ale curgerii gradual variate în coordonate adimensionale:

$$h^* = \frac{h}{e} \quad (60)$$

$$q^* = \frac{\frac{Q}{B_m}}{e\sqrt{2ge}}$$

caracteristicile secundare pentru diferite  $Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} =$

constant, curba de utilizare pentru un debit dat și, eventual, curba caracteristică a saltului (fig. 7.18).

Pe baza diagramei universale există și posibilitatea construirii curbei suprafeței libere a apei, metodologia fiind descrisă ulterior.

La folosirea diagramei universale curbele de utilizare se parcurg după cum urmează:

**Fig. 7.18.** Diagrama universală a recurgerii după R. Silber.

- a) totdeauna în sens crescător al debitului;
- b) în sens crescător pentru  $h^*$  când punctul figurativ este peste sau sub valorile  $h_{01}^*$  și  $h_{02}^*$  (numărătorul și numitorul ec. 53 au același semn) și în sens descrescător pentru  $h^*$  când punctul figurativ este între cele două caracteristici  $h_{01}^*$  și  $h_{02}^*$ ;

c) în sens crescător pentru  $e$ , când punctul este sub  $h_{01}$  și invers;

d) curba de utilizare prezintă o tangentă orizontală la intersecția sa cu  $h_{02}^*$ , o tangentă verticală la intersecția cu  $h_c^*$  și o tangentă comună cu o caracteristică, la intersecția cu  $h_{01}^*$ .

Forma curbelor suprafeței libere este redată în figura 7.19.

**1° Pentru pantă nulă sau negativă:  $i \leq 0$**

În acest caz adâncimea normală și pseudonormală nu există;  $\frac{de}{dx}$  și numărătorul ec. 53 sunt totdeauna negative. Curba de utilizare are două ramuri.

a) O ramură de stare lentă (fluvială), parcursă în sens crescător pentru  $q^*$  valorile  $h^*$  și  $e$  cresc. Curba este asemănătoare cu  $h$  sau  $b'$ .

b) O ramură de stare rapidă (torențială), parcursă în sensul crescător pentru  $q^*$ ,  $h^*$  și descrescător pentru  $e$ . Curba este asemănătoare cu  $c_0$  sau  $c'$ . Ambele curbe se racordează printr-o tangentă verticală în  $h_{cr}$  (fig. 7.19).

**2° Pantă pozitivă mică:  $h_{02} > h_{01} > h_{cr}$**

Pentru o pantă pozitivă suficient de mică curba  $h_{02}$  și  $h_{01}$  sunt deasupra lui  $h_{cr}$ . Curba de utilizare și a suprafeței libere are două ramuri, nu trei ca în cazul clasic.

a) Ramura fluvială-parcursă în sens crescător al lui  $h^*$  și  $e$  deasupra lui  $h_{02}^*$ , în sens descrescător pentru  $h^*$  și crescător pentru  $e$  între  $h_{02}^*$  și  $h_{01}^*$  și  $h^*$  și  $e$  descrescător între  $h_{01}^*$  și  $h_{cr}^*$  – este asemănătoare unei curbe  $b_1$ ;

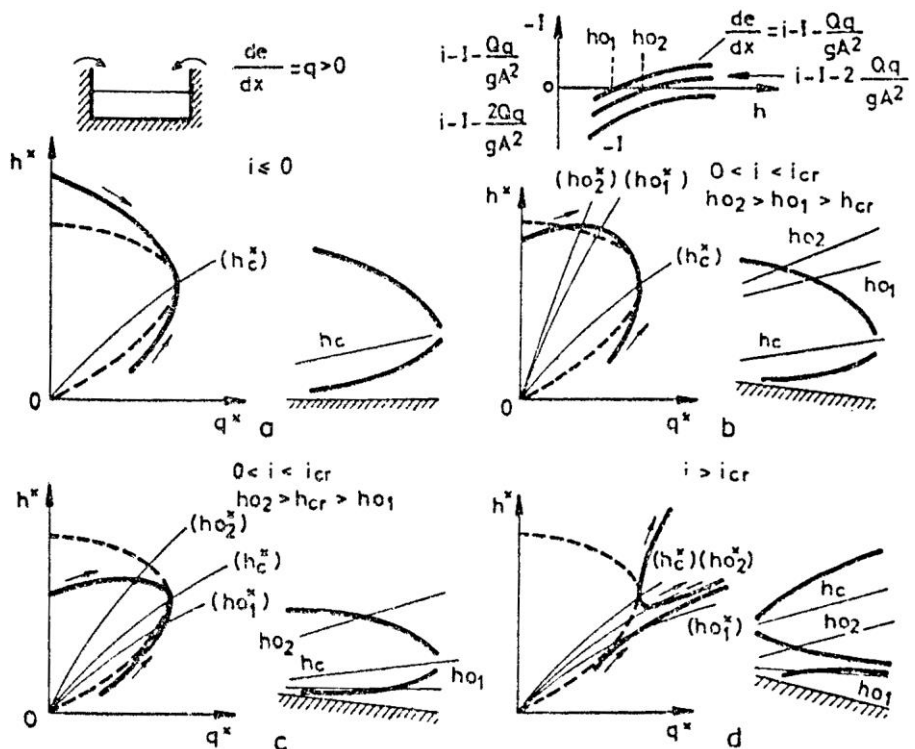
b) O ramură torențială – parcursă în sensul lui  $h^*$  crescător și  $e$  descrescător – asemănătoare lui  $c_1$ . Cele două curbe au tangentă comună în  $h_{cr}$  normală pe aceasta (fig. 7.19, b).

**3° Pantă pozitivă mică:  $h_{02} > h_{cr} > h_{01}$**

„oi

În această situație caracteristica secundară  $h_{cr}^*$  este situată între  $h_{02}^*$  și  $h_{01}^*$ . Curba de utilizare are două ramuri:

a) Ramura fluvială – parcursă în sens crescător pentru  $h^*$  și  $e$  deasupra lui  $h_{02}^*$ ,  $h^*$  descrescător și  $e$  crescător între  $h_{02}^*$  și  $h_{cr}^*$  – are o singură curbă de formă



**Fig. 7.19.** Formele suprafeței libere la canalele care colectează în lungul lor.

asemănătoare cu  $b_1$ .

b) Ramura torențială – parcursă în sens crescător pentru  $h^*$  și  $e$  descrescător pentru  $e$  sub  $h_{01}^*$  și în sens crescător pentru  $h^*$  și  $e$  între  $h_{01}^*$  și  $h_{cr}^*$  – asemănătoare lui  $c_1$  (fig. 7.19, c).

#### 4° Pantă rapidă: $h_{cr} > h_{02} > h_{01}$

Adâncimea critică este situată peste adâncimea normală și pseudonormală. Curba de utilizare are trei ramuri ca și curbele suprafeței libere.

a) Ramura fluvială – parcursă în sens crescător pentru  $h^*$  și  $e$  corespunde unei curbe asemănătoare lui  $a_2$ ;

b) Ramura torențială superioară – parcursă în sens descrescător pentru  $h^*$  și crescător pentru  $e$  între  $h_{cr}^*$  și  $h_{02}^*$ , respectiv  $h^*$  și  $e$  crescător între  $h_{02}^*$  și  $h_{01}^*$  – are aspect asemănător unei curbe  $b_2$ .

c) Ramura torențială inferioară – parcursă în sens  $h^*$  crescător și  $e$  descrescător sub  $h_{01}^*$  și  $h^*$  și  $e$  crescător între  $h_{01}^*$  și  $h_{02}^*$  – corespunzătoare unei curbe  $c_2$ .

Se observă că ramurile torențiale tind asimptotic spre o direcție cuprinsă între  $h_{01}^*$  și  $h_{02}^*$  (fig. 7.19, d).

#### 7.2.2.4. Modul de construire a suprafeței libere

Trasarea liniei suprafeței libere are loc din aproape în aproape (pas cu pas) odată cu construirea curbei de utilizare.

Se presupune că pentru abscisa  $x_{n-1}$  curba de utilizare și poziția suprafeței libere este cunoscută. Pentru stabilirea punctului următor se fixează o nouă valoare  $q_n^*$  pentru curba de utilizare, de unde se obține  $Q_n$  și  $\Delta Q_n$ , apoi:

$$\Delta X = \frac{\Delta Q}{q} \quad (61)$$

Prin extrapolare se prelungește curba de utilizare până la  $q_n^*$  și se determină aproximativ  $h_n^*$ , respectiv  $h_n$ . Pentru valoarea medie  $\frac{1}{2}(h_n + h_{n-1})$  din curba  $K^2(h)$  se determină  $K^2$ , apoi se calculează:

$$\frac{de}{dx} = 1 - \frac{Q^2}{K^2} - \frac{q \cdot Q}{gA^2} \quad (62)$$

pentru  $Q = \frac{1}{2}(Q_{n-1} + Q_n)$  și  $A$  calculat cu adâncimea medie  $\frac{1}{2}(h_{n-1} + h_n)$ .

În final se determină:

$$\Delta e = \frac{de}{dx} \Delta x$$

(63)

pentru care se obține valoarea  $e_n = e_{n-1} + \Delta e$ .

Valoarea  $e_n$  calculată permite stabilirea precisă a punctului  $n$  de pe curba de utilizare, după care se rectifică celelalte valori.

### 7.2.3. CURGEREA ÎNTR-UN CANAL CU DEBIT PROGRESIV DESCRESCĂTOR

#### 7.2.3.1. Ecuația mișcării

Considerăm un canal prismatic sau cilindric  $A = f(h)$  care în lungul său distribuie debitul  $q$  în mișcare permanentă (fig. 7.20).

Sarcina hidrodinamică specifică a unei secțiuni față de planul de referință orizontal oarecare  $P$  este:

$$E = z + h + \frac{\alpha v^2}{2g} = z + h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \quad (64)$$

Întrucât  $E$  și  $Q$  depind de variabila  $x$ , gradientul sarcinii hidrodinamice în lungul curentului se obține prin derivarea acestuia în raport cu axa  $X$ .

$$\frac{dE}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dh}{dx} + \frac{\alpha}{2g} \left( \frac{2Q}{A^2} \frac{dQ}{dx} - \frac{2Q^2}{A^3} \frac{dA}{dx} \right) \quad (65)$$

Notând:

$$I = \frac{dE}{dx} \quad (\text{panta hidroaică}),$$

$$i = \frac{-dz}{dx} \quad (\text{panta fundului canalului}),$$

$$q = -\frac{dQ}{dx} \quad (\text{debit distribuit pe unitate de lungime})$$

$$\frac{dA}{dx} = \frac{\partial A}{\partial h} \frac{dh}{dx} = B \frac{dh}{dx}$$

se obține ecuația diferențială a mișcării spațial variate când canalul distribuie în lungul său:

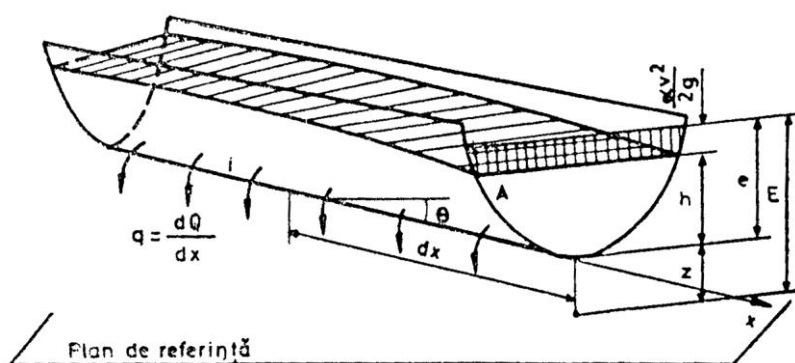


Fig. 7.20. Schema canalului care distribuie în lungul său.



$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - I + \frac{\alpha Q q}{q A^2}}{1 - \frac{\alpha a^2 \beta}{q A^3}} \quad (66)$$

În afara termenului  $\frac{\alpha Q q}{q A^2}$  de la numărător, ecuația (66) corespunde cu ecuația mișcării permanente graduat variate ( $Q = \text{const.}$ ) în albi prismatice și cilindrice.

Energia specifică a secțiunii este definită prin (46), iar variația acesteia în lungul curentului este (47) sau

$$\frac{de}{dx} = i - I \quad (67)$$

Prin înlocuirea pierderilor de energie de la mișcarea permanentă uniformă (lucrând cu debitul mediu de la capetele tronsonului)

$$\frac{de}{dx} = i - I = i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R} \quad (68)$$

Adâncimea critică se definește analog ca la curenți cu  $Q = \text{const.}$  (55), însă scade spre aval odată cu distribuția debitului  $q$ . Pentru un canal de secțiune dreptunghiulară și  $q = \text{const.}$ , (55) devine:

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2 (L - x)^2}{g B^2}} \quad (69)$$

Debitul într-o secțiune se definește prin:

$$Q_x = Q - \int_0^x q dx = \int_0^L q dx - \int_0^x q dx = \int_x^L q dx \quad (70)$$

Când canalul distribuie uniform în lungul său  $q = \text{const.}$  se obține:

$$Q = q \cdot L \quad (71)$$

$$Q_x = q(L - x)$$

### 7.2.3.2. Adâncime normală și pseudonormală

La astfel de mișcări se poate defini o adâncime normală  $h_{02}$  exprimată prin:

$$\frac{dh}{dx} = 0 \quad (72)$$

sau

$$i - I + \frac{\alpha q Q}{g A^2} = 0 \quad (73)$$

și o adâncime pseudonormală  $h_{01}$  prin:

$$\frac{de}{dx} = 0 \quad (74)$$

sau

$$i - I = 0 \quad (75)$$

Aceste adâncimi  $h_{01}$  și  $h_{02}$  sunt funcții crescătoare de  $Q$  și descrescătoare cu creșterea abscisei. Pentru orice debit  $h_{01} > h_{02}$ . Pentru un exemplu se obțin elemente din figura 7.21.

Pentru calculul suprafeței libere se utilizează diagrama universală a lui R. Silber. În această diagramă caracteristica relativă a adâncimii pseudonormale este situată deasupra caracteristicii relative a adâncimii normale.

Se disting două cazuri (fig. 7.22):

- când distribuția are loc pe o fantă longitudinală de fund (asimilabil cu orificii, tuburi, sifoane hidrometre);
- curgere peste coronamentul canalului (deversare laterală).

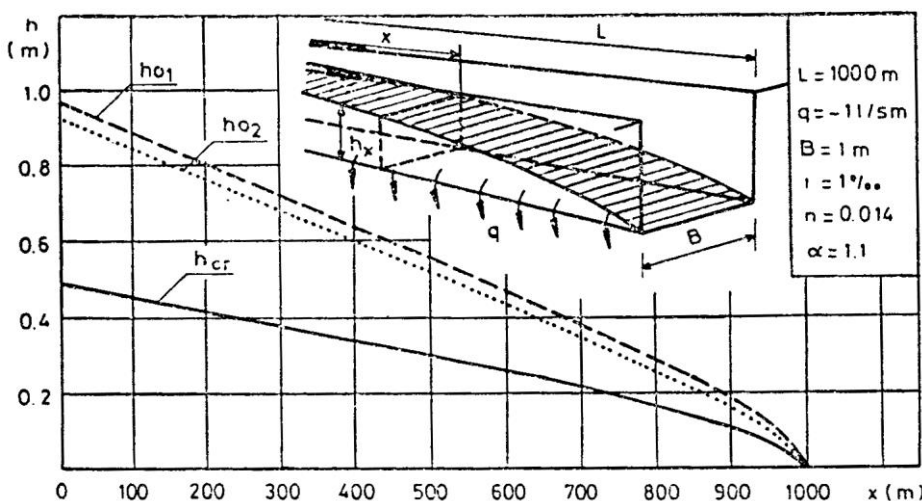


Fig. 7.21. Variația adâncimii normale, pseudonormale și critice în cazul unui canal în stare lentă a curgerii distribuind uniform în lungul său.

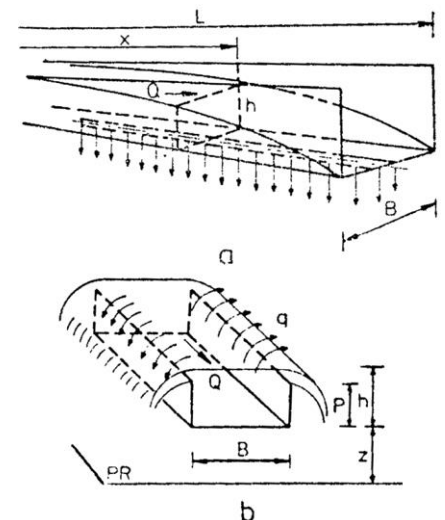


Fig. 7.22. Canal care distribuie uniform în lungul său: a) prin fantă longitudinală de fund; b) prin deversare laterală.

deversare.

### 7.2.3.3. Canal echipat cu fantă longitudinală

Când fanta longitudinală are lățimea  $d$  și coeficient de debit  $\mu$ , debitul distribuit pe unitatea de lungime este:

$$q(h) = -\frac{dQ}{dx} + \mu d \sqrt{2gh} \quad (76)$$

În cazul în care debitul se distribuie uniform, lățimea fantei este variabilă, fiind determinată de  $q = \mu d(x) \sqrt{2gh} = \text{const.}$

Când  $d = \text{const.}$ , debitul distribuit este variabil în funcție de sarcina pe fantă.

În acest ultim caz, adâncimea normală și pseudonormală se definesc diferențiat, astfel:

– adâncimea normală, prin intersecția curbei  $\frac{de}{dx}$

cu axa  $h$ ; ea există doar pentru pante pozitive;

– adâncimea pseudonormală, prin intersecția curbei  $\frac{de}{dx} + \frac{qQ}{gA^2}$  cu aceeași axă; ea există și pentru canal orizontal sau în contrapantă.

#### 1° Forme ale curbelor de utilizare și ale suprafeței libere

Curbele de utilizare totdeauna se parcurg în sens descrescător al lui  $q^*$ . Regula pentru parcurs  $h^*$  și  $e$  sunt valabile de la cazul precedent. Forma suprafeței libere este redată în figura 7.23.

1. *Pantă nulă sau contrapantă:*  $h_{02} > h_{cr}$  (fig. 7.23 a).

Întrucât  $i \leq 0$ , adâncimea pseudonormală nu există,  $\frac{de}{dx} < 0$ . Curba de utilizare și a suprafeței libere are trei ramuri, două fluviale și una torențială. Cele două ramuri fluviale tind asimptotic în amonte ( $Q$  – crescător,  $x$  – descrescător) spre o direcție cuprinsă între  $h_{02}$  și  $h_{cr}$ .

a/ Ramura fluvială superioară corespunde unui canal în palier când debitul se anulează la capătul aval.

b/ Ramura fluvială inferioară este asemănătoare unei curbe  $b'$  (sau  $b_0$ ), în partea sa aval ajungând la  $h_{cr}$ , unde tangenta la curbă este normală la curba ( $h_{cr}$ ).

c/ Ramura torențială asemănătoare cu o curbă  $c'$  (sau  $c_0$ ), în partea sa aval având tangentă normală la curba ( $h_{cr}$ ).

2. *Pantă pozitivă mică:*  $h_{01} > h_{02} > h_{cr}$  (fig. 7.23 b)

Linia adâncimii pseudonormale și normale sunt deasupra lui ( $h_{cr}$ ). Curba de utilizare și a suprafeței libere ale apei totdeauna are trei ramuri – două fluviale și una torențială.

Formele suprafeței libere sunt asemănătoare cazului precedent, ramura fluvială inferioară și cea torențială în amonte tind asimptotic spre o direcție cuprinsă între ( $h_{02}$ ) și ( $h_{cr}$ ). Diferența notabilă între acest

caz și cel precedent este că la  $i \leq 0$ ,  $\frac{dh}{dx} > 0$  sub ( $h_{02}^*$ ),

pe când  $\frac{de}{dx} < 0$ , curba suprafeței

libere fiind orizontală între  $h_{02}$  și perete. În cazul pantei pozitive mici, curba suprafeței libere crește ușor între  $h_{02}$  și  $h_{01}$ , iar sub  $h_{01}$  crește net.

3. În cazul *pantei rapide* se disting două subcazuri:  $h_{01} > h_{cr}$  (fig. 7.23, c) și  $h_{cr} > h_{01} > h_{02}$  (fig. 7.23, d). Curbele de utilizare și ale suprafeței libere au câte trei ramuri – asemănătoare curbelor  $a_2$ ,  $b_2$  și  $c_2$ . Ramurile torențiale în aval tind la o direcție comună ( $x$  crescător, debit descrescător) cuprinsă între ( $h_{01}$ ) și ( $h_{cr}$ ) în primul caz, și între ( $h_{02}$ ) și ( $h_{01}$ ) în al doilea caz.

#### 2° Modul de trasare a curbelor suprafeței libere

Acesta este același ca în cazul precedent. Pentru determinarea parametrilor punctului  $n$  se fixează o nouă valoare  $q_n^*$ , respectiv  $Q_n$  și  $\Delta Q$ . Se prelungește prin extrapolare

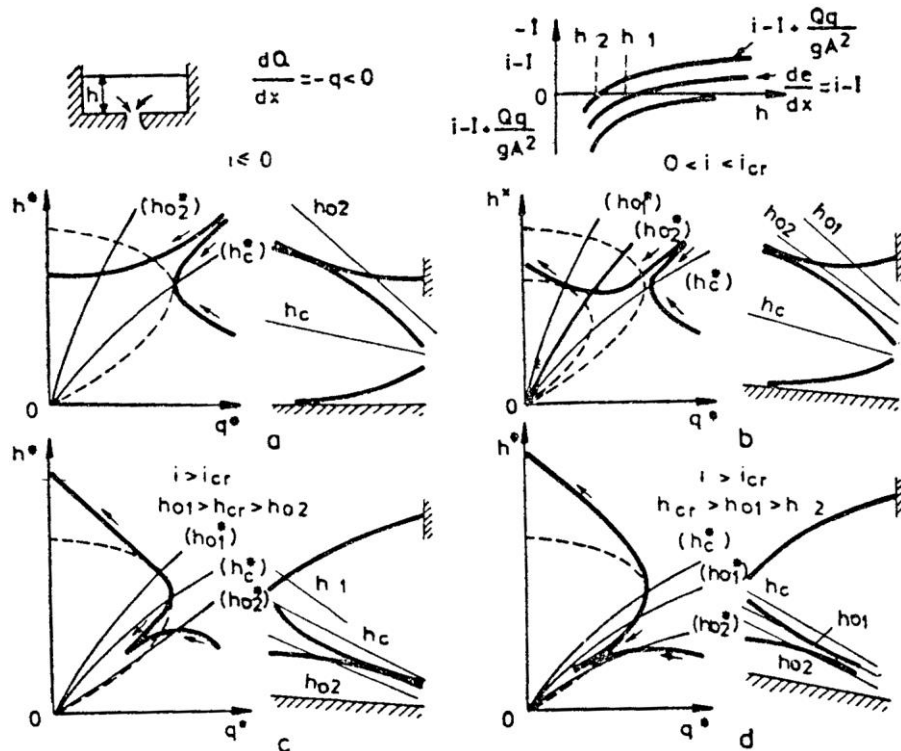


Fig. 7.23. Formele suprafeței libere la canalele care distribuie prin fantă longitudinală.

curba de utilizare evaluând  $h_n^*$ , respectiv  $h_n$ . Cu valoarea medie  $\frac{1}{2}(h_{n-1} + h_n)$  se calculează  $K^2$  și valoarea gradientului energiei specifice a secțiunii.

$$\frac{de}{dx} = i - \frac{Q^2}{K^2} \quad (77)$$

folosind pentru  $Q$  valoarea medie între secțiunile  $n$  și  $n-1$ . Din (76) se determină  $q$  pentru valoarea medie a lui  $h$  și se obține  $\Delta x$  din (61). Pentru această valoare se determină variația energiei specifice a secțiunii (din ec. 63), apoi se corectează poziția punctului  $n$  pe verticală  $q_n^*$ , respectiv valorile  $h_n^*$ ,  $h_n$ ,  $K^2$  și  $q$ .

#### 7.2.3.4. Curgere peste coronamentul canalului

Debitul specific care pătrunde canalul în acest caz este:

$$-\frac{dQ}{dx} = q = m\sqrt{2g}(h-p)^{\frac{3}{2}} \quad (78)$$

în care:

$m$  reprezintă coeficientul de debit al deversorului lateral;

$p$  – pragul amonte al deversorului.

În situațiile când  $h < p$  canalul nu distribuie și debitul  $Q$  se menține constant, existând adâncimea normală clasică  $h_0$  definită prin (56). Pentru  $h^* < p^*$  curba de utilizare este verticală.

Când  $h > p$ , debitul specific evacuat  $q$  crește rapid cu  $h$ . Originea curbei  $i - I + \frac{qQ}{gA^2}$  (fig. 7.24, a) este

la intersecția curbei  $i - I$  cu abscisa  $h = p$ . Ea este puternic ascendentă. În timp ce adâncimea pseudonormală  $h_{01}$  există doar pentru  $i \leq 0$ , adâncimea normală există și pentru  $i > 0$ . Ea există pentru  $i > 0$ , în afara cazului

când  $h_{01} < p$  fiindcă  $i - I + \frac{qQ}{gA^2}$  nu inter-

sectează axa  $h$  – oricare ar fi valorile lui  $i$  și  $Q$ , adâncimea normală nu este mult superioară lui  $p$ .

#### 1° Forma curbelor suprafeței libere

Sensul de parcurgere a curbelor de utilizare este în sensul descrescător pentru  $q^*$ , celelalte reguli rămânând valabile de la 7.2.2.3.

1. *Pantă nulă sau contrapantă* ( $i \leq 0$ ). Adâncimea pseudonormală nu există. Adâncimea normală  $h_{02}$  se poate defini pentru orice debit mic. Originea sa în diagramă este la abscisa 0 (zero) și ordonată  $p^*$  și este puțin înclinată față de orizontală. Locul geometric al adâncimii critice ( $h_{cr}^*$ ) intersectează orizontala  $p^*$  și linia ( $h_{02}^*$ ) în două puncte de abscise apropiate.

Formele curbelor suprafeței libere depind de poziția în raport cu aceste abscise a părții curbelor de utilizare situate sub ordonata  $p^*$ .

Când abscisa verticalei  $q_1^*$  este inferioară celei date de intersecția ( $h_{cr}^*$ ) cu orizontala  $p^*$ , curba suprafeței libere cuprinde o ramură torențială ascendentă ( $C'$ ,  $C_0$ ) fără deversare, o curbă fluvială descendentă (asemănătoare cu  $b'$  și  $b_0$ ) cu deversare, care se continuă fără deversare când  $h \leq p$ , și o curbă fluvială descendentă apoi ascendentă fără deversare care corespunde unui canal ce se termină cu un perete frontal fig. 7.24, b<sub>1</sub>).

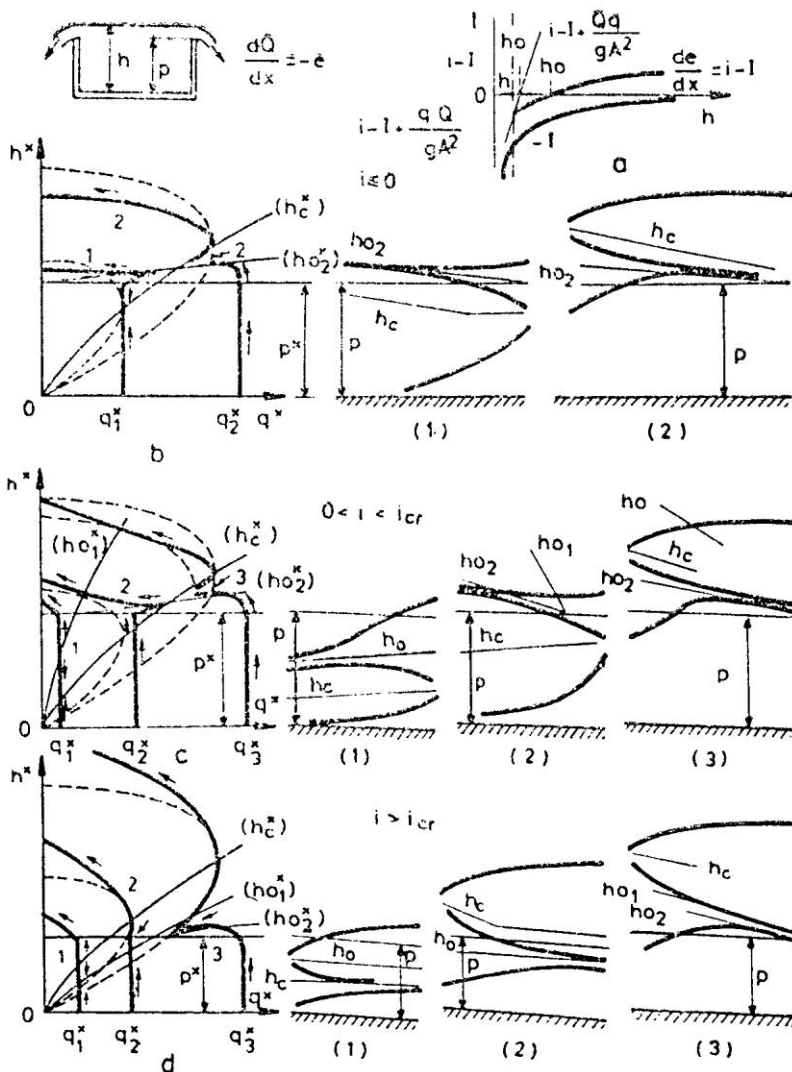


Fig. 7.24. Formele suprafeței libere în canalele cu deversare laterală.

Când abscisa verticalei  $q_2^*$  este mai mare decât celelalte date de intersecția ( $h_{cr}^*$ ) cu ( $h_{02}^*$ ) curbele suprafeței libere cuprind (fig. 7.24, b<sub>2</sub>):

- o ramură torențială ascendentă parțial fără deversare (în amonte), care spre aval deversează și devine descendentă;

- două ramuri deversante, una fluvială, alta torențială, care încep în amonte de la nivelul adâncimii critice.

2. *Pantă lentă*  $h_{01} > h_{cr}$ . Pentru o pantă destul de mică (fig. 7.24, c<sub>1</sub>),  $q_1^*$  este inferior intersecției ( $h_{01}^*$ ) cu orizontala  $p^*$ . Curba suprafeței prezintă trei ramuri; una torențială tip C fără deversare ( $Q = \text{const.}$ ), două fluviale din care una de tipul b<sub>1</sub> fără deversare, iar cealaltă în amonte fără deversare (cu  $Q = \text{const.}$ , de tipul a<sub>1</sub>), însă când adâncimea  $h$  depășește valoarea lui  $p$  are loc deversarea și nivelul coboară.

Linia adâncimii normale ( $h_{02}^*$ ) are originea pe linia  $p^*$  la intersecția acesteia cu ( $h_{01}^*$ ) și are o înclinare mică față de orizontală. Linia adâncimii critice relative ( $h_{cr}^*$ ) intersectează  $p^*$  și ( $h_{02}^*$ ) în două puncte de abscisă apropiate.

Când debitul relativ  $q_2^*$  este cuprins între abscisa intersecției  $p^*$  cu ( $h_{01}^*$ ) și  $p^*$  cu ( $h_{cr}^*$ ), curba de utilizare are trei ramuri la care corespund curbele suprafeței libere din figura 7.24, c<sub>2</sub>. Ramura torențială nedeversantă ( $Q = \text{const.}$ ) are alura curbei C<sub>1</sub>. Ramura fluvială superioară este deversată pe toată lungimea ei. Ramura fluvială inferioară este deversată în amonte și nedeversată în aval (când  $h < p$ ), devenind o curbă b<sub>1</sub> cu  $Q = \text{const.}$  Ramurile fluviale în amonte tind asimptotic către o direcție comună, cuprinsă între  $p$  și  $h_{02}$ .

Când  $q_3^*$  este superior abscisei de intersecție ( $h_{cr}^*$ ),  $p^*$  curba de utilizare are tot trei ramuri, ca și curba suprafeței libere, are două ramuri torențiale și una fluvială. Ramura fluvială este total deversantă ca și ramura torențială superioară. Aceste două ramuri în amonte încep la  $h_{cr}$ , având tangentă comună și anume normală la linia adâncimilor critice. Ramura torențială inferioară este parțial deversantă (în amonte nedeversantă tip C<sub>1</sub> până la  $h = p$ , apoi deversantă crescătoare, descrescătoare). Cele două ramuri inferioare în aval tind asimptotic la aceeași direcție cuprinsă între  $h_{cr}$  și  $h_{02}$ , (fig. 7.24, c<sub>3</sub>).

3. *Pantă rapidă*:  $h_{01} < h_{cr}$  (fig. 7.24, d)

La canale cu pantă rapidă linia ( $h_{01}^*$ ) este situată sub ( $h_{cr}^*$ ), iar ( $h_{02}^*$ ) are totdeauna originea la intersecția  $p^*$  cu ( $h_{01}^*$ ). Și aici se întâlnesc trei cazuri în funcție de mărimea debitului relativ  $q^*$ .

a)  $q_1^*$  este inferior abscisei punctului de inter-

secție  $p^*$ , ( $h_{cr}^*$ ). Curba de utilizare și a suprafeței libere are trei ramuri (fig. 7.21, d<sub>1</sub>):

- una torențială nedeversantă ( $Q = \text{const.}$ ) de tipul c<sub>2</sub>;

- ramura fluvială inferioară nedeversantă de tipul b<sub>2</sub>. Cele două curbe c<sub>2</sub> și b<sub>2</sub> tind asimptotic în aval spre linia de adâncimi critice  $h_{cr}$  inferioară înălțimii pragului  $p$ ;

- ramura fluvială superioară începe la  $h_0 < p$  și este nedeversantă pe partea sa amonte (tip a<sub>2</sub>), apoi devine deversantă, când adâncimea  $h$  depășește înălțimea  $p$  a pragului.

b)  $q_2^*$  este cuprins între limita anterioară și intersecția ( $h_{01}^*$ ) cu  $p^*$ . Curbele întâlnite sunt asemănătoare (fig. 7.24, d<sub>2</sub>) cu curba rapidă c<sub>2</sub> nedeversantă, curba fluvială inferioară parțial deversantă și ramura fluvială superioară deversantă.

c)  $q_3^*$  este mai mare decât abscisa intersecției curbelor  $p^*$  și ( $h_{01}^*$ ). Curba de utilizare are trei ramuri și se materializează și ( $h_{02}^*$ ). Alura celor două ramuri fluviale este asemănătoare cazului precedent, ambele curbe sunt deversante. Ramura torențială devine parțial deversantă, crescătoare spre aval pe o porțiune, apoi prin deversare descrescătoare (fig. 7.24, d<sub>3</sub>). Ramura fluvială inferioară și cea torențială în partea lor aval sunt tangente la o direcție cuprinsă între  $h_{01}$  și  $h_{02}$ .

Modul de construire a curbei suprafeței libere comportă aceleași operații ca la distribuție prin fantă, însă pentru debitul distribuit se folosește caracteristica din ecuația 78.

Curbe pentru  $i = i_{cr}$  nu se întâlnesc, întrucât panta critică este variabilă în lungul canalului, fiind funcție de debit.

## 7.3. CALCULATOARE GRAFICE SPECIALIZATE, DESTINATE PROIECTĂRII ȘI EXPLOATĂRII AMENAJĂRIILOR PENTRU IRIGAȚII

### 7.3.1. GENERALITĂȚI

În proiectarea și exploatarea amenajărilor pentru irigații, introducerea unor procedee de calcul rapide este necesară și bine venită, rezultatul fiind reducerea considerabilă a forței de muncă, a timpului necesar obținerii parametrilor interesați în irigații și fixarea echipamentului corespunzător de udare.

Astfel, în tehnica mondială sunt foarte mult utilizate calculatoarele grafice specializate pentru irigarea prin aspersiune, pe brazde, pentru determinarea pier-

derilor de sarcină prin frecare și a presiunii în conducte, precizia de obținere a parametrilor depinzând numai de corectitudinea cu care se introduc valorile cunoscute și se citesc pe scalele gradate special, valorile interesate.

În cele ce urmează vor fi prezentate două calculatoare grafice specializate pentru irigarea prin scurgere la suprafață, pe brazde și pentru aspersiune, acestea reprezentând importanță deosebită în tehnica proiectării și exploatării amenajărilor de irigații, în etapa actuală.

### 7.3.2. CALCULATORUL GRAFIC TIP RAIN BIRD – SPECIALIZAT PENTRU IRIGAREA PRIN ASPERSIUNE

#### 1° Scurtă prezentare

Calculatorul grafic specializat este destinat calculului parametrilor interesați în irigarea prin aspersiune (diametrul aripilor de aspersiune și a conductei principale, puterea pompei, norma de udare) pe baza unor parametri inițiali cunoscuți (numărul de aspersoare pe conducta de udare și distanța dintre aspersoare, debitul aspersorului, pierderile prin frecare și presiunea).

Calculatorul grafic specializat are două fețe (a, b), iar din punct de vedere al părților componente

prezintă o parte fixă și o parte mobilă. Partea mobilă este reprezentată prin două riglete (1 și 2) ce pot culisa în interiorul părții fixe, citirile de pe scalele rigletelor făcându-se prin ferestrele existente pe partea fixă.

Prima față (fig. 7.25, a) a calculatorului grafic specializat permite determinarea diametrului aripilor de aspersiune și puterea pompei.

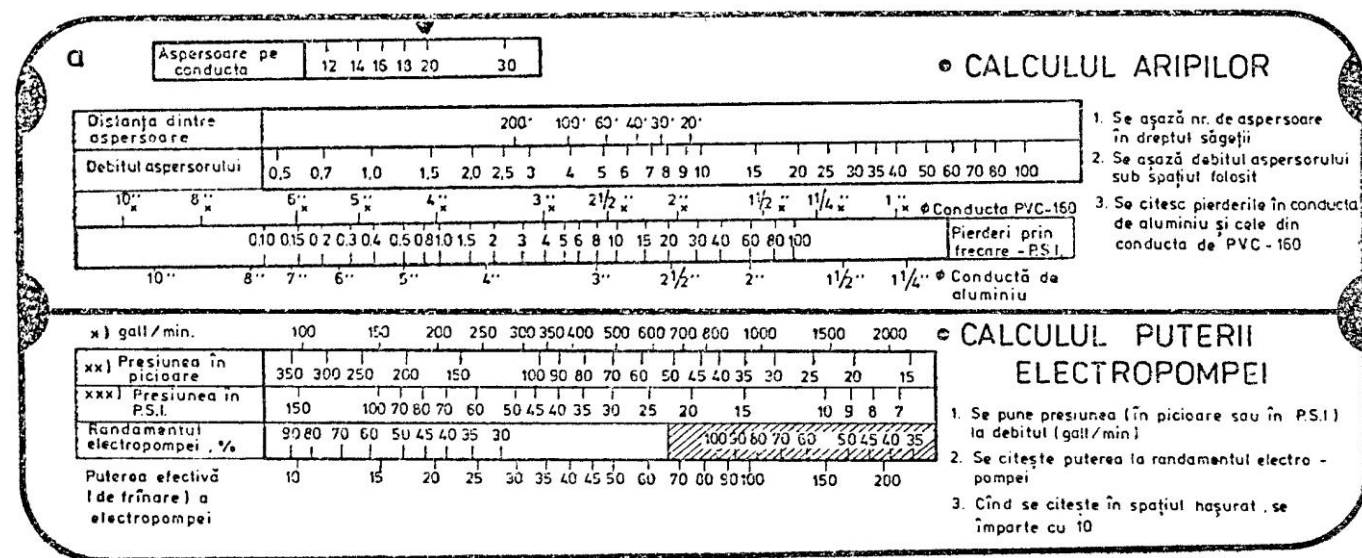
În vederea obținerii diametrului aripilor de aspersiune la partea superioară – până la linia groasă – se găsesc următoarele trei scale:

– prima scală conține numărul de aspersoare cu care este echipată conducta de udare (gradată de la 3 la 200; în limitele ferestrei citindu-se 12-30), respectiv distanța dintre aspersoare;

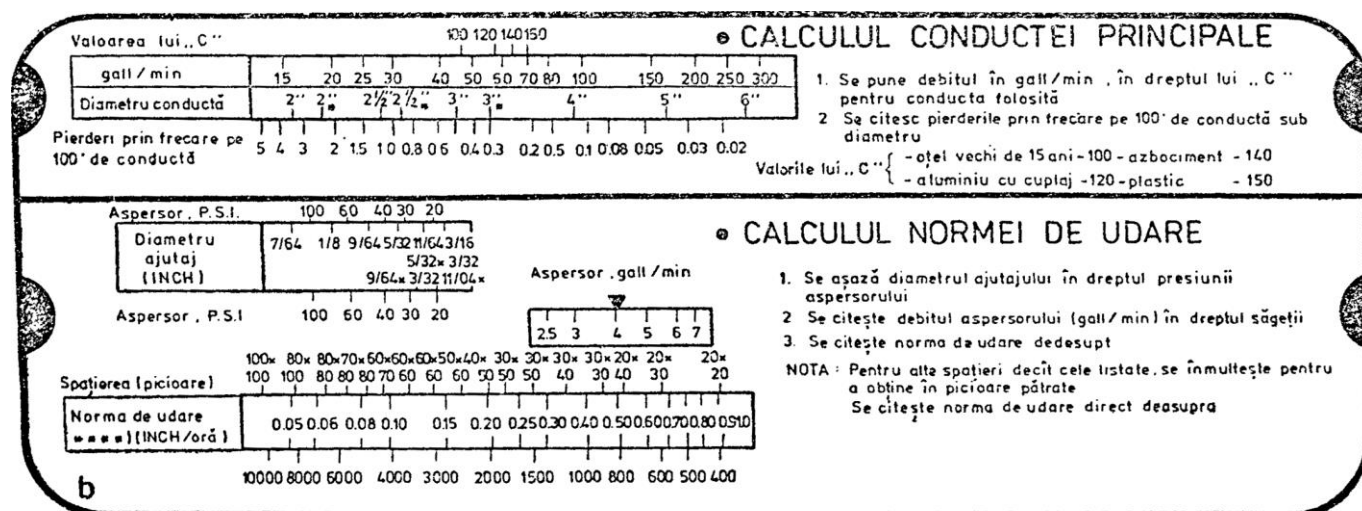
– a doua scală permite introducerea debitului aspersorului cu valori între 0,5 și 100 (exprimat în gall/min);

– a treia scală, cu gradații de la 0,10-100, prezintă pierderile prin frecare (în P.S.I.).

Această ultimă scală are prevăzută pe partea fixă a calculatorului grafic două scale, gradate în vederea citirii diametrului conductei din PVC-160 (la partea superioară) și a celei din aluminiu (la partea inferioară), gradațiile fiind făcute de la 1"-10" pentru PVC-160 și 1 + 1/4"-10" pentru aluminiu.



a. Fața I - Pentru determinarea diametrului aripilor de aspersiune și a puterii electropompei



b. Fața II - Pentru determinarea diametrului conductei principale și a normei de udare

Fig. 7.25. Rigla de calcul specializată pentru irigarea prin aspersiune (Rain-Bird).

Pentru determinarea puterii pompei, la partea inferioară a primei fețe se găsesc cinci scale (dintre care trei executate pe rigleta mobilă și celelalte două executate la partea inferioară și respectiv superioară a ferestrei). Mărimile ce pot fi citite pe aceste scale sunt:

- prima scală de pe rigletă indică presiunea, exprimată în picioare (1 picior = 0,305 m), gradată de la 500 la 10;
- a doua scală indică presiunea, exprimată în P.S.I. (1 P.S.I. = 0,218 mCA) și gradată de la 200-4;
- a treia scală indică randamentul pompei în procente (%), cu valori de la 100-3;
- scala executată pe partea fixă a calculatorului grafic (sus) are gradat debitul, în gall/min = 4,64 l/min), de la 100-2.000;
- scala executată pe partea fixă (jos) permite citirea puterii efective (de frânare) a pompei cu valori între 10-200.

Fața a doua (fig. 7.25, b) a calculatorului grafic, cu aspect asemănător primei fețe, permite calculul diametrului conductei principale și a normei de udare.

Pentru determinarea diametrului conductei principale pe rigletă sunt executate două scale:

- prima scală pentru citirea debitului, cu o gradație de la 5-2.000, exprimată în gall/min;
- a doua scală având trecute diametrele conductei din aluminiu (1 + 1/4”-12”) și a celei din PVC-160 (1 + 1/4”-3”). Prin diferențiere, valorile diametrului conductei din PVC-160 sunt trecute cu asterisc.

Pe partea fixă a calculatorului, deasupra ferestrei ce permite citirea valorilor prezentate anterior, sunt înscrise valorile lui „C” de la 100-150 cu următoarea semnificație:

- C = 100, pentru conductele din oțel vechi de 15 ani;
- C = 120, pentru conductele din aluminiu cu cuplaj;

- C = 140, pentru conductele din azbociment;
- C = 150, pentru conductele din plastic.

La partea inferioară a ferestrei sunt trecute pierderile prin frecare pe 100' de conductă, de la 5-0,02.

Determinarea normei de udare se face prin folosirea următoarelor scale:

- prima scală, având înscris diametrul ajutorului, în inch, este executată pe rigletă, iar pe partea fixă a calculatorului sunt trecute presiunile la aspersor în P.S.I.;
- a doua scală, executată pe rigletă, are înscris debitul aspersorului (gall/min), valoare ce poate fi citită în dreptul săgeții pe partea fixă a calculatorului grafic specializat;
- a treia scală permite citirea normei de udare, gradată pe partea fixă a calculatorului grafic, de la 10.000-400 și respectiv spațierea (în picioare) de la 100 x 100 la 20 x 20 cu ajutorul valorilor înscrise pe scala de pe rigletă, date în inch/oră.

## 2° Calculul diametrului aripilor de aspersiune

Cunoscând numărul de aspersoare pe conducta de udare, se fixează numărul ce indică aceasta în dreptul săgeții de pe partea fixă a calculatorului grafic, operație ce se poate, face prin simpla culisare a rigletei (1). Astfel se face cunoscută și distanța dintre aspersoare, ea fiind trecută pe aceeași rigletă.

În continuare se așază debitul aspersorului, prin culisarea rigletei (2), sub spațiul folosit (gradat) și se citesc pierderile prin frecare în P.S.I. de pe scala gradată în acest sens. Prin căutarea corespondenței între gradația ce reprezintă valoarea pierderii prin frecare și gradațiile scalelor ce dau diametrele conductei din aluminiu sau PVC-160 rezultă care este diametrul aripilor de aspersiune, exprimat în țoli.

### 3° Calculul puterii pompei

Pe scala ce indică presiunea se fixează valoarea acesteia în funcție de unitatea de măsură în care este exprimată (picioare, P.S.I.), prin culisarea rigletei (2), având gradația ce reprezintă această presiune în dreptul gradației ce reprezintă debitul aspersorului (gall/min).

În funcție de eficiența pompei (%) citită pe scală (în urma culisării realizate anterior) se poate reține valoarea puterii efective de frânare a pompei.

### 4° Calculul diametrului conductei principale

În funcție de materialul din care se execută conducta principală, se alege valoarea lui „C” corespunzătoare (100 pentru oțel, 120 pentru aluminiu, 140 pentru azbociment, 150 pentru plastic) și pentru a aduce în dreptul acestei valori debitul (gall/min) se culisează rigleta (1). Rigleta rămânând în această poziție, se intră cu valoarea pierderilor prin fiecare (pe 100' de conductă), înscrisă pe partea fixă a calculatorului grafic (jos) și se citește care este diametrul conductei principale de pe scala ce indică aceasta.

### 5° Calculul normei de udare

Prin culisarea rigletei (2) se așează diametrul ajutorului (inch) în dreptul presiunii aspersorului (P.S.I.). Având rigleta astfel poziționată, se citește care este valoarea debitului aspersorului (gall/min) în dreptul săgeții de pe partea fixă a calculatorului grafic.

Pentru aceste valori norma de udare se citește pe ultima scală a calculatorului grafic, având dată și spațierea corespunzătoare.

## 7.3.3. CALCULATORUL GRAFIC TIP HASTINGS – SPECIALIZAT PENTRU IRIGAREA PE BRAZDE

### 1° Prezentarea calculatorului grafic specializat

Calculatorul grafic specializat prezintă pe prima față a sa patru scale, destinate selectării diametrului corect pentru aripi cu vane (cele două scale superioare) și alegerea seturilor de vane (scala a treia și a patra) – figura 7.26, a.

În vederea realizării primei grupe de probleme:

- prima scală permite calculul pierderilor de sarcină în P.S.I. pentru diferite diametre de conducte;
- a doua scală permite găsirea vitezei apei pentru diferite diametre ale conductei.

Pentru alegerea seturilor de vane:

- scala trei permite aflarea debitului pe brazdă;
- scala a patra permite alegerea deschiderii vanei.

Pe cea de a doua față a calculatorului specializat scalele prezentate ajută în determinarea diametrelor unui sistem, a numărului de sisteme ce se cer pentru

efectuarea lucrării în întregime și a orelor (timpului) necesare pentru fiecare sistem în vederea realizării cantității de apă date (figura 7.26, b).

Parametrii ce pot fi citiți pe aceste scale sunt:

- prima scală permite determinarea numărului de brazde pe setul de udare (sistem);
- a doua scală permite aflarea numărului de acri irigați în fiecare set (sistem);
- a treia scală arată numărul de seturi (sisteme) necesare pentru executarea completă a lucrării;
- a patra scală permite determinarea numărului de ore necesare pentru realizarea unei norme (cantități) de apă date.

### 2° Calculul pierderilor de sarcină în P.S.I. pentru diferite diametre de conducte

Pentru determinarea pierderilor de sarcină în conducta de transport, se așează debitul pompei (gall/min) în dreptul lungimii conductei principale (de transport), de la pompă până la aripă (conducta de distribuție) cea mai îndepărtată. În dreptul diametrului conductei se citesc pierderile de sarcină pe conducta de transport ( $\Delta h_1$ ).

Pentru determinarea pierderilor de sarcină în conducta de distribuție (aripa de udare) se procedează în mod similar, așezându-se debitul în dreptul lungimii aripii (CD). Corespunzător cu diametrul conductei se citește pierderea de sarcină pe CD, ( $\Delta h_2$ ).

Adunând cele două tipuri de sarcini ( $\Delta h_1$ ) și ( $\Delta h_2$ ) rezultă pierderea totală ( $\Delta h$ ) pentru conductele luate în considerație.

Când conducta de transport și conducta de distribuție au același diametru nu este nevoie decât de un singur calcul. Lungimea considerată va fi distanța de la pompă la capătul extrem al conductei de distribuție (aripi de udare) celei mai îndepărtate. Pierderea de sarcină se determină după procedeul prezentat mai sus.

### 3° Determinarea vitezei apei pentru diferite diametre de conducte

Pentru a afla dacă viteza apei în conducta de distribuție (aripă) se află în limite acceptabile ( $v > v_{\min}$  și  $v < v_{\max}$ ) se așează debitul pompei sub săgeata indicată pe partea fixă a calculatorului grafic (prin culisarea rigletei) și se determină valoarea vitezei.

Valoarea vitezei nu trebuie să depășească 8 picioare/secundă.

### 4° Determinarea debitului necesar pentru brazdă, cunoscând panta reală în % a terenului în direcția de irigat

Pentru a afla debitul necesar pentru brazdă se așează valoarea pantei terenului în dreptul săgeții și se citește debitul în gall/min pentru o brazdă.



### SELECTAREA DIAMETRULUI POTRIVIT PENTRU ARIPI CU VANE

RIGOLA DE CALCUL  
SPECIALIZATĂ PENTRU  
IRIGAREA DE BRAZDE

-după Departamentul de  
inginerie Agricolă,  
Serviciul de Agricultură  
Extensivă, UNIVERSITATEA  
NEBRASKA

Lungimea conductei (picioare)	5000 4000 3000 2000 1500 1000 800 600 500 400 300 200 150 100
Debit pompă (gall/min)	300 400 500 600 700 800 900 1000 1500 2000
Pierderi de sarcină (P.S.I.)	0.4 0.5 0.6 0.8 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 4 5 6 8 10 15 20
Diametru conductă (INCH)	10 9 8 6

- 1 Se așază debitul pompei în dreptul lungimii conductei
- 2 Se citește pierderea de sarcină în dreptul diametrului conductei

Debit pompă (gall/min)	450 500 600 700 800 900 1000 1200 1400
Viteza apei (picioare/sec)	3 3.5 4 4.5 5 6 7 8 9 10
Diametru conductă (INCH)	10 9 8 6

- 1 Se așază debitul pompei în dreptul săgeții
- 2 Se citește viteza apei la diametrul conductei

PREFERABILITĂ ÎNACCEPTABIL

### ALEGEREA SETULUI TEX-FLOW DE VANE

Panta (%)	30 25 20 18 16
Debitul curgerii (gall/min/brazdă)	30 35 40 45 50 60

Irigat Udare

- 1 Se așază panta în dreptul săgeții
- 2 Se citește debitul la săgeata corespunzătoare

Presiunea (INCH)	2 3 4 5 6 8 10 15 20 30 40 50
Debit (gall/min/brazdă)	4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 40
Deschiderea vanei (INCH)	1/2 1 1 1/2 2

- 1 Se așază presiunea în dreptul săgeții
- 2 Se citește deschiderea vanei la debitul necesar

a. Fața I - Pentru selectarea diametrului potrivit pentru aripi cu vane  
și alegerea seturilor de vane

### DETERMINAREA DIMENSIUNILOR UNUI SISTEM

Pentru diferite soluri  
Numărul maxim de ore pentru  
diferite soluri și lungimea  
considerată maximă a braz-  
dei: nisip argilos 2-3 ore  
600 picioare  
Argilă nisipoasă și alte argile  
3-4 ore 800 picioare  
Argilă nisipoasă fină 4-5 ore  
1000 picioare  
Aluviuni argiloase 5-6 ore  
1100 picioare  
Aluviuni argilo-lutoase 6-7  
ore 1300 picioare

Debit de irigare (gall/min/brazdă)	50 40 30 25 20 15 10 9 8 7 6
Nr. brazde/sistem	20 25 30 40 50 60 70 80 90 100
Debit pompă (gall/min)	300 400 500 600 800 1000 1500 2000
Distanța între brazde (INCH)	40 30 20
Nr. brazde/sistem	15 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Nr. acii irigați/sistem	0.7 0.8 0.9 1.0 1.5 2.0 3 4 5 6 7 8
Lungimea brazelor (picioare)	300 400 500 600 800 1000 1500 2000

- 1 Se așază debitul de irigare în dreptul săgeții
- 2 Se citește numărul de brazde pe sistem în dreptul debitului pompei

- 1 Se așază numărul de brazde pe sistem în dreptul distanței dintre brazde
- 2 Se citește numărul de acii irigați per sistem la lungimea brazei

NUMĂRUL DE SISTEME  
CERUTE PENTRU:

Nr de acii de irigat	4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100 150 200 300 400 500 600
Nr. de sisteme	10 15 20 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Acii irigați / sistem	15 10 8 6 5 4 3 2 0 15 10 0.8 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.15 0.10

- 1 Se așază numărul de acii de irigat în dreptul săgeții
- 2 Se citește numărul de sisteme la acii de irigat pe sistem

EFFECTUAREA  
IRIGĂRII ÎN  
ANSAMBLU

Capacitatea de apă (INCH)	1/2 1 1 1/2 2 2 1/2 3 3 1/2 4 4 1/2 5
Debit pompă (gall/min)	300 400 500 600 800 1000 1500 2000
Acii irigați/sistem	0.7 0.8 0.9 1.0 1.5 2.0 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20
Ore necesare	10 15 20 3 4 5 6 8 10 15 20 30

- 1 Se așază debitul pompei în dreptul cantității de apă cerute
- 2 Se citește nr de ore necesare la acii irigați pe sistem

b. Fața II - Pentru determinarea dimensiunilor unui sistem, a numărului de  
sisteme cerute pentru efectuarea irigării în ansamblu și nr. de  
ore necesar pe set pentru a realiza norma de udare

Fig. 7.26. Rigla de calcul specializată pentru irigarea pe brazde (Hastings).

Pe scala debitelor sunt indicate debitul de regim (irigare) și debitul inițial (de udare):

Debitul de regim este jumătate din debitul inițial  $\left(Q_r = \frac{1}{2} Q_i\right)$  și reflectă disponibilitatea redusă a solu-  
lui umed de a absorbi apa.

Debitul inițial ( $Q_i$ ) este maximum de debit care poate fi admis pe brazdă evitându-se eroziunea și se folosește până cinci curentul de apă atinge extremitatea finală a brazdei, după care se revine la debitul de regim ( $Q_r$ ).

#### **5° Alegerea deschiderii vanei cunoscând presiunea în CD (aripa de udare) și debitul brazdei**

Pentru a afla deschiderea vanei se așează presiunea (în inch) în dreptul săgeții: în dreptul debitului brazdei se citește deschiderea vanei. Dacă debitul este între două indicații se ajustează deschiderea vanei în mod corespunzător.

#### **6° Determinarea numărului de brazde care funcționează pe un set cunoscând debitul brazdei și debitul pompei**

Pentru a afla câte brazde funcționează pe un set se așează debitul de irigare ( $Q_r$ ) recomandat pentru brazdă, în dreptul săgeții. Numărul de brazde se citește în dreptul debitului pompei.

#### **7° Alegerea suprafeței irigate pe tronsonul de udare cunoscând numărul de brazde ce funcționează pe un tronson**

Se așează numărul de brazde ce funcționează pe tronsonul de udare (set de udare) în dreptul distanței reale dintre brazde. Suprafața corespunzătoare (numărul de acri) se află înscrisă sub lungimea brazdei.

#### **8° Aflarea numărului de tronsoane (seturi) ce sunt necesare pentru efectuarea lucrării pe întreaga suprafață irigată, cunoscând suprafața irigată de un set de udare**

Pentru a afla numărul de seturi de udare pentru întreaga suprafață se așează suprafața irigată de un set în dreptul săgeții. Numărul de seturi se citește direct în dreptul numărului de acri.

#### **9° Aflarea numărului de ore necesare pentru un set de udare pentru a realiza norma de udare, cunoscându-se debitul pompei**

Se așază debitul pompei în dreptul cantității de apă cerute (în inch). Numărul de ore se citește sub numărul de acri deserviți de un set de udare. Pentru o eficiență maximă și pentru a compensa pierderile se poate aplica o creștere cu 20% față de cifrele obținute.



Prof. univ. dr. doc. ing. **Valeriu Blidaru** reprezintă o personalitate marcantă a învățământului superior și unul din iluștrii fondatori ai învățământului superior hidrotehnic la Iași.

Prin ampla sa lucrare, autorul răspunde tuturor exigențelor unei științe vaste, ce își conturează o nouă identitate și care poate deveni, de asemenea, o disciplină de studiu în planurile de învățământ ale universităților, la masterat și doctorat, tocmai pentru asigurarea creșterii calității învățământului superior românesc și alinierii acestuia la standardele europene și internaționale.

Amenajările bivalente sunt controversate chiar în țări cu tradiție în irigații; o tendință arată că fiecare metodă clasică de udare în parte poate completa deficitul de umiditate (Franța), iar alta (Italia) susține că o rețea trebuie să fie suficient de maleabilă irigației bivalente. Sectorul de proiectare din România definește bivalența ca o posibilitate de rotire anuală a celor două metode clasice de udare pe teritoriu amenajat. Deficiența acestei soluții constă în faptul că exclude folosirea ambelor metode de udare pe aceeași suprafață într-un sezon de irigare, impune amplasarea culturilor în câteva variante, dublează parțial rețeaua și stația de pompare și nu ține seama de eventuala modificare a planului de cultură. O tehnică de irigare bivalentă înaintată permite folosirea atât a udărilor prin brazde, cât și prin aspersiune pe tot perimetrul amenajat, fără restricții de spațiu și timp, ceea ce se poate realiza prin stabilirea unei concepții judicioase asupra bivalenței, care răspunde tehnic, energetic și economic la cerințele moderne.

ISBN: 978-606-37-1526-6  
ISBN: 978-606-37-1535-8

